

石垣島名蔵湾における1-2才ミドリイシ属サンゴの 成長・生残に関する基礎研究

著者	風巻 宏太
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2012
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001297/

修士学位論文

石垣島名蔵湾における
1 - 2 オミドリイシ属サンゴの成長・生残に関する基礎研究

平成 24 年度
(2013 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
海洋システム工学専攻
風巻 宏太

目次

第Ⅰ章 序論	1
1. 1 研究の背景	1
1. 1. 1 造礁サンゴとサンゴ礁	1
1. 1. 2 造礁サンゴの衰退と回復	1
1. 1. 3 石西礁湖北リーフで起きた回復について	2
1. 1. 4 石西礁湖北リーフにおけるミドリイシ属サンゴの初期成長に関する研究	4
1. 2 研究の目的	4
第Ⅱ章 方法	6
2. 1 調査海域 名蔵湾	6
2. 2 研究対象	9
2. 2. 1 ミドリイシ属	9
2. 2. 2 ミドリイシ属の形状	11
2. 2. 3 2010 年着生ミドリイシ属サンゴ	12
2. 3 調査スケジュール	13
2. 4 調査方法	14
2. 4. 1 一斉産卵の確認	14
2. 4. 2 定点設置及び追跡する群体の特定と計測	14
2. 4. 3 追跡調査	19
2. 5 解析方法	20
2. 5. 1 着生地判断	20
2. 5. 2 最大直径・樹枝の長さの計測	21
第Ⅲ章 結果	22
3. 1 追跡したミドリイシの数量推移	23
3. 2 生残率	24
3. 3 ミドリイシの着生場所	25

3. 4 追跡した全ミドリイシの最大直径, 樹枝の長さの推移.....	26
3. 5 一斉産卵 24 ヶ月後に生育していたミドリイシの最大直径と樹枝の長さの推移	30
第Ⅳ章 考察.....	34
4. 1 生残率	34
4. 1. 1 生残率の結果について	34
4. 1. 2 着生場所と生残の関係性について.....	36
4. 1. 3 まとめ.....	37
4. 2 形状タイプ別 成長過程解明	38
4. 2. 1 タイプ分けの基準について	38
4. 2. 2 樹枝の長さのデータについて.....	38
4. 2. 3 解析結果	39
第Ⅴ章 結論と今後の展望.....	72
引用文献.....	74
謝辞.....	77

第 I 章 序論

1. 1 研究の背景

1. 1. 1 造礁サンゴとサンゴ礁

刺胞動物門に属する動物のうち、褐虫藻（直径約 $10\mu\text{m}$ の単細胞藻類 *Symbiodinium*）を体内に共生させている種群を造礁サンゴと呼ぶ。ほとんどの造礁サンゴは成長が早く、大量の石灰質の骨格を形成する。それらの骨格は、造礁サンゴが死んだ後も海中に残り、他の石灰質の組織をもつ生物の遺骸とともに大きな岩塊状の地形、すなわちサンゴ礁（リーフ）を形成する。発達したサンゴ礁は、海面近くまで達するため、熱帯・亜熱帯地方の沿岸、特に島嶼において、天然の防波堤として防災上大切である。

造礁サンゴは、体内に共生する褐虫藻が光合成を行うことで、栄養塩の乏しい熱帯・亜熱帯海域において基礎生産者としての役割を果たす(Birkeland 1997)。また、その複雑で変化に富む群体形は、多種多様な生物に生息場所を提供する（西平 1996）。このように、造礁サンゴは貧栄養海域において海洋生物のオアシスとなっている。魚介類が豊富に生息していることから、漁場として利用されている。また、その美しい景観から観光資源として地域経済を支えている。

以上のように、造礁サンゴやサンゴ礁が果たす役割は多岐に渡り、他の生物によって代替できるものではなく、自然界と人間の双方に必要不可欠なものである。

1. 1. 2 造礁サンゴの衰退と回復

近年、造礁サンゴが様々な攪乱をうけ、衰退している。サンゴの攪乱要因は、大きく 2 つに分けられる。ひとつは漁業や赤土流出、沿岸開発などの人間活動由来のもの、もうひとつは台風によるサンゴの破壊やオニヒトデなどの食害生物の大発生、サンゴの白

化などの自然環境由来のものである．特に白化による被害は甚大で，1997 年から 1998 年にかけて，世界中のサンゴ礁で大規模な白化が発生した (Wilkinson 1998)．

白化とは，極端な水温変化，高塩分，紫外線などがサンゴにストレスとして働いた結果，サンゴから褐虫藻が抜け出てサンゴ組織が透明になりサンゴの骨格が透けて白く見えるような状態になることを言う．この状態が長期間続くとサンゴは褐虫藻から栄養を供給されなくなるため死に至る．

世界中で発生した 1998 年の白化は，日本各地のサンゴ礁においても白化が確認され，日本で最も造礁サンゴが生育する石西礁湖も例外ではなかった．石西礁湖は石垣島と西表島の間に位置しており，日本の黒潮海流におけるサンゴ幼生の主供給源と推測されている (Okamoto 2005)．石西礁湖で発生した 1998 年の大白化によって，石西礁湖内のミドリイシ属サンゴが全体の 40% 死滅し，サンゴ全体の全存量が 8% 低下した (海中公園センター 2000)．しかし，白化の被害の程度は礁湖内の海域によって大きく異なった．この白化の後も，2001 年，2003 年，2007 年と断続的な白化が続き，礁湖内の造礁サンゴに大きな被害を与えた．

石西礁湖の北リーフでは，1998 年の白化で大きな被害を受けたが，その影響によって一斉に死滅したのではなく，その後の 2001 年，2003 年で起きた白化を経て，断続的に死滅していき，2003 年の白化後にはほぼ全滅した (秋本 2007)．その後，北リーフでは，ミドリイシ属サンゴを中心とした新規加入があり，それらは 2007 年に起こった白化の影響を受けず順調に成長し，北側リーフは約 10 年で回復した．現在では，ミドリイシ属サンゴを中心とした造礁サンゴが密に生育している．

1. 1. 3 石西礁湖北リーフで起きた回復について

石西礁湖北リーフは，1998 年の白化を契機に，2001 年，2003 年の白化を受けて大型群体が全滅した．しかし，2003 年の白化後には，小型群体 (最大直径が 10cm から 20cm

のミドリイシ属サンゴ) がみられ、回復の兆しを見せていた。その後、ミドリイシ属サンゴの新規加入によって順調に回復し、2007 年で起きた大白化の影響を受けずに、1998 年の白化から 10 年ほどで回復した。

白化によるサンゴ群集の変動に関して、「全滅したサンゴ群集は、その後白化のない状態が 6~7 年続けば再生する。しかし、それより短い間隔で白化が起きればサンゴは絶滅する」と言われている。

石西礁湖北リーフのサンゴ群集は 1998 年と 2001 年の 2 度の白化被害を受け全滅し、その後、2003 年と 2007 年に白化を受けている。それにもかかわらず、北リーフのサンゴ群集は、2003 年と 2007 年の白化の影響を受けずに、現在では新規加入したサンゴが密に生育している。

この特異な事象について、現状に至るまでの再生プロセスを明確にすることは、今後、サンゴ群集の白化、保全、再生を考えていく上での貴重な知見になると考えられる。

この再生プロセスを明確にするには、2003 年に生育が確認された小型群体（最大直径が 10cm から 20cm のミドリイシ属サンゴ）の加入時期を特定する必要がある。それによって、北リーフにいつから新規加入があったのか、いつから再生が始まったのかが明らかになる。再生が始まった時期を解明するためには、ミドリイシ属サンゴの 10~20cm に至るまでの成長過程を知り、2003 年に確認された小型群体の加入時期を明らかにする必要があるが、ミドリイシ属サンゴの初期成長過程は未だ明らかにされていない。

1. 1. 4 石西礁湖北リーフにおけるミドリイシ属サンゴの初期成長に関する研究

2009 年から 2011 年にかけて、石西礁湖北リーフにおいてミドリイシ属サンゴの 1 才から 3 才までの成長過程を解明する研究が行われた（樋口 2012）。この研究の結果、生残率に関して、一斉産卵 12 - 24 ヶ月, 24 - 36 ヶ月, 12 - 36 ヶ月の生残率はそれぞれ, 37.3 %, 43.8 %, 14.0 %であった。最大直径に関して、一斉産卵 36 ヶ月後まで生育していたミドリイシの平均最大直径は、一斉産卵後 12, 24, 36 ヶ月でそれぞれ, 8.4 ± 2.2 mm, 19.8 ± 8.0 mm, 33.3 ± 12.4 mm であった。

この研究により、ミドリイシの主な形状であるテーブル状、コリンボース状、樹枝状の 3 形状のうち、テーブル状とコリンボース状についての初期成長に関する知見は、十分に得られたが、樹枝状に関する知見は得られなかった。

1. 2 研究の目的

白化による死滅から再生への変遷の典型例である石西礁湖北リーフの回復過程を明らかにすることは、今後、世界中で頻発すると考えられる白化現象によるサンゴ群集の変動を予測するための重要な知見となる。回復過程を明らかにするためには、回復の中心となったミドリイシ属サンゴの初期成長を明確にする必要がある。石西礁湖北リーフ上に生育しているミドリイシは主に、テーブル状、コリンボース状、樹枝状の形状をとっており、回復過程を解明するにはそれぞれの形状の初期成長を把握する必要がある。先行研究では、ミドリイシ属全種を対象として初期成長の解明が行われ、テーブル状とコリンボース状のミドリイシの知見は得られたが、樹枝状ミドリイシの知見が得られなかった。

そこで本研究では，樹枝状ミドリイシが豊かに生育している名蔵湾においてミドリイシ属全種を対象として追跡調査を行い，先行研究では得られなかった樹枝状ミドリイシの1才から2才の成長過程と生残を明らかにすることで，石西礁湖北リーフの再生過程の解明に寄与することを目的とした．

第Ⅱ章 方法

2. 1 調査海域 名蔵湾

名蔵湾は、沖縄県石垣島の西側に位置しており、湾口が約 6km の石垣島で最も広い湾である。名蔵川の河口部にある干潟は、名蔵アンバルと呼ばれ、平成 17 年にラムサール条約に登録された。

名蔵湾内に流入している名蔵川は 2 級河川に指定されており、河川の長さは 4.55km である。名蔵川流域一帯に広がる農地由来の赤土などの土砂の大部分が降雨時にこの名蔵川を通じて名蔵湾内に流入しているため、海中の透明度は年間を通じてあまり良くはない。また、湾内は外洋から隔離されているため、流れの弱い静穏海域となっている。

本研究では、名蔵川の河口付近に調査地点を設け、そこを St-5 ($24^{\circ} 24.339' N$, $124^{\circ} 07.480' E$) とした(図 2-1)。St-5 のでは、小さなサンゴ礁が点在しており、その間を砂地が覆っている(図 2-2)。また、樹枝状ミドリイシをはじめ、コリンボース状、テーブル状すべての形状のミドリイシ属サンゴが生育しており、その他の科のサンゴも存在し、多種多様なサンゴが生育している(図 2-3)。

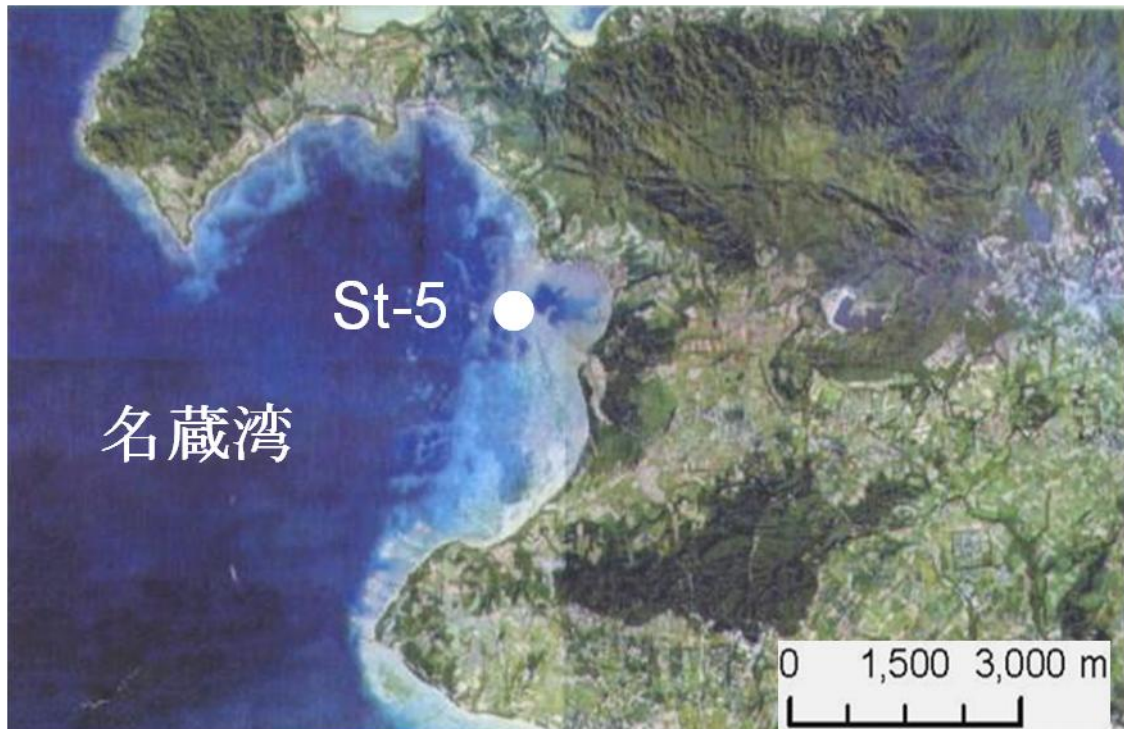


図 2-1 St. 5 の位置



図 2-2 St. 5 の様子



図 2-3 St. 5 に生息するサンゴの様子

2. 2 研究対象

2. 2. 1 ミドリイシ属

ミドリイシ科 Family Acroporidae ミドリイシ属 Genus *Acropora* に属するサンゴは、群体性で固着性造礁サンゴであり、軽い骨格を持ち成長が速いため、空間をめぐる種間競争に勝る。インド・太平洋のサンゴ礁で最も種類数が多く、量的にも優占し、サンゴ礁の景観を形成する重要な役割を果たしている。この属には少なくとも 150 種が知られており、日本周辺海域には 77 種が分布している（環境省 2004）。

ミドリイシのほとんどが一斉産卵による有性生殖を行う。一斉産卵時、サンゴは複数の精子と卵の詰まったバンドルを大量に放出する（図 2-4）。バンドルは、海面付近ではじけ、受精する。この時、2 時間以内に受精しないと精子と卵は死んでしまう。受精した卵は、2 日以内にプラヌラ幼生となり、海中をさまよって広範囲に分散し、2 - 7 日のうちに小さな穴や、岩の裂け目に着生してポリプに変態する（Babcock R. C・Heyward A. J 1986）。ミドリイシは群体性の動物で、ポリプが無性的に分裂し、同じ遺伝子を持ったクローン個体で構成される群体を形成する。ポリプ自身は柔軟な軟体組織で構成されているが、ポリプの基部に石灰質の骨格をもち、体外にこの石灰質を分泌することで、平面的にあるいは立体的に成長を続ける（野島 2006）。また、自然状態では、群体の一部が破壊されて欠損することがしばしばあるが、構成単位のポリプが含まれているかぎり成長を続けることができる（西平 1995）。

石西礁湖ではミドリイシの一斉産卵は、海面温度が 26 度を超えた後の満月（5 月 - 6 月）を中心に前後 2 日ほどの間、数キロ四方を単位として起きる（Okamoto 2008）。そ

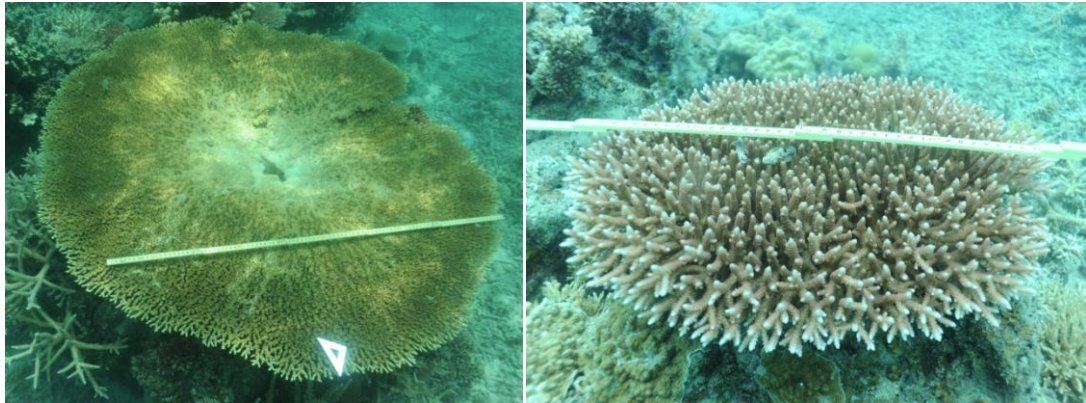
のため、着生時期や年齢を推定しやすい。しかし、着生後間もないサンゴは小さな穴や岩の裂け目に着生しており、非常に小さいため、目視での調査は不可能に近い。サンゴ幼生は着生してから視認できるサイズ（10 mm 程度）に成長するまで、1 年以上必要である（Banks・Harriott 1996）。石西礁湖は、視認できるサイズになるまで 10 - 16 ヶ月要すると報告されている（毛塚 2008）。また、目視可能になったミドリイシ属を他属のサンゴと識別することは可能である。



図 2-4 ミドリイシの一斉産卵

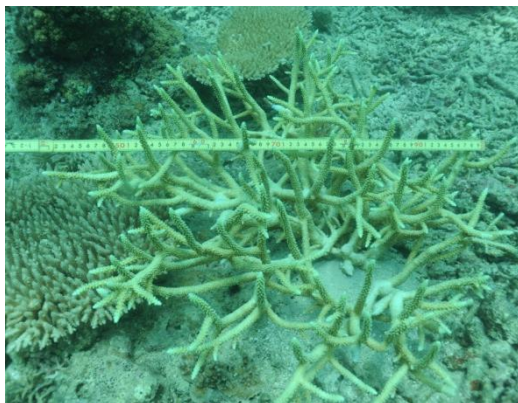
2. 2. 2 ミドリイシ属の形状

ミドリイシ属サンゴは、ほとんどの種が(1)テーブル状、(2)コリンボース状、(3)樹枝状の形状に成長する(図 2-5)。



(1)

(2)



(3)

図 2-5 ミドリイシ属サンゴの主な形状

2. 2. 3 2010 年着生ミドリイシ属サンゴ

本研究では，2010 年 5 月 27 日の一斉産卵で生まれたミドリイシを対象として調査を行った．石西礁湖内では，人工基盤上に生育した一斉産卵 13 ヶ月後の最大直径が，2.8 - 11.8 mm（平均 7.6 ± 標準偏差 2.4 mm）であった（Okamoto 2010）．名蔵湾と石西礁湖は近隣海域（距離約 5km）のため，ミドリイシの成長量はほぼ同じと推測し，本研究では，最大直径が 12 mm 未満の群体を 1 才ミドリイシとして扱った（図 2-6）．

調査は，目視観察が可能になった 1 才ミドリイシを対象に行った．樹枝状に生育するミドリイシの初期成長に関する知見がないため，1 才時にどのような形状をしているのか不明であった．そのため本研究では，ミドリイシ属全種を対象にして調査を行った．



図 2-6 1 才ミドリイシ

2. 3 調査スケジュール

調査は以下の日程（表 2-1）で行った．

表 2-1 調査内容及び調査日程

調査内容	調査日	月 齢
一斉産卵の確認	2010 年 5 月 27 日	0
定点設置及び追跡する群体の特定	2011 年 6 月 6 － 9 日	12
	2011 年 11 月 7 － 11 日	17
特定した群体の追跡	2012 年 5 月 23 － 31 日のうち 6 日間	24

2. 4 調査方法

2. 4. 1 一斉産卵の確認

2010 年 5 月 27 日，名蔵湾内にて一斉産卵を確認した．この日を調査対象のミドリイシが生まれた日とし，記録した．

2. 4. 2 定点設置及び追跡する群体の特定と計測

定点設置及び追跡する群体の特定と計測は，以下の手順で行った．

(1) 定点の設置

1. サンゴ礁上での 1 オミドリイシが多く生育している場所の搜索
2. 1 オミドリイシが多く生育している場所に釘を打ち込む(60 箇所)
3. 定点を設置した場所の記録

(2) 追跡する群体の特定と計測

1. 定点周辺で 1 オミドリイシを探索
2. 定点から 1 オミドリイシまでの距離，方位を計測
3. 各ミドリイシの写真をスケール入りで撮影

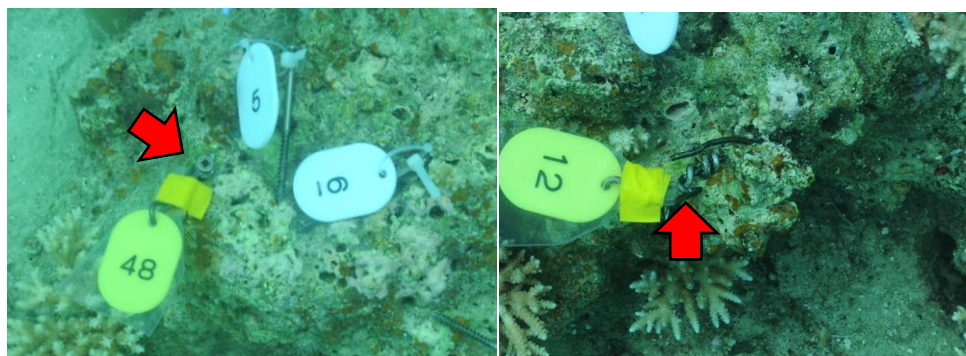
(1) 定点の設置

2011 年 6 月（一斉産卵 12 ヶ月後），St. 5 に点在するサンゴ礁に定点を設置した． 番

号札を針金で括りつけた釘を 1 オミドリイシが多く生育している場所に打ち込み、その釘の頭頂部を定点とした。また、釘を打ち込めない場所では、番号札を針金で岩盤にくくりつけ、針金の結び目を定点とした(図 2-7)。藻類が付着して番号が読めなくなる可能性があるため、番号札にはビニール袋を被せて対策を施した。それでも繁茂していた場合は、番号札を袋から出して番号札の表面を掃除した後、新しい袋を被せた。定点の設置後、追跡調査を行えるように St.5 の地形を模写した海中地図に定点の場所を記録し、定点マップを作成した(図 2-8)。

(2) 追跡する群体の特定と計測・特定した群体の追跡

2011 年 6 月の初回調査時、定点固定後に定点の周辺（半径約 1 m 以内）に生育する 1 オミドリイシを網羅的に探索し、定点から 1 オミドリイシまでの位置（距離と方位）を計測した（図 2-9）。2 回目、3 回目の調査では、初回に記録したデータと 1m 折尺、水中コンパスを用いて初回に特定した群体を追跡した。その後、水中カメラ（Nikon D60）で追跡群体をスケール入りで撮影した。その時、撮影時間と撮影した順番を記録し、陸上に上がった後、初回時に特定した群体と撮影した群体の適合を行い、追跡が合っているか確認した。



釘を打ち込む（頭頂部が定点） 結び目を作る（結び目が定点）

図 2-7 定点の固定

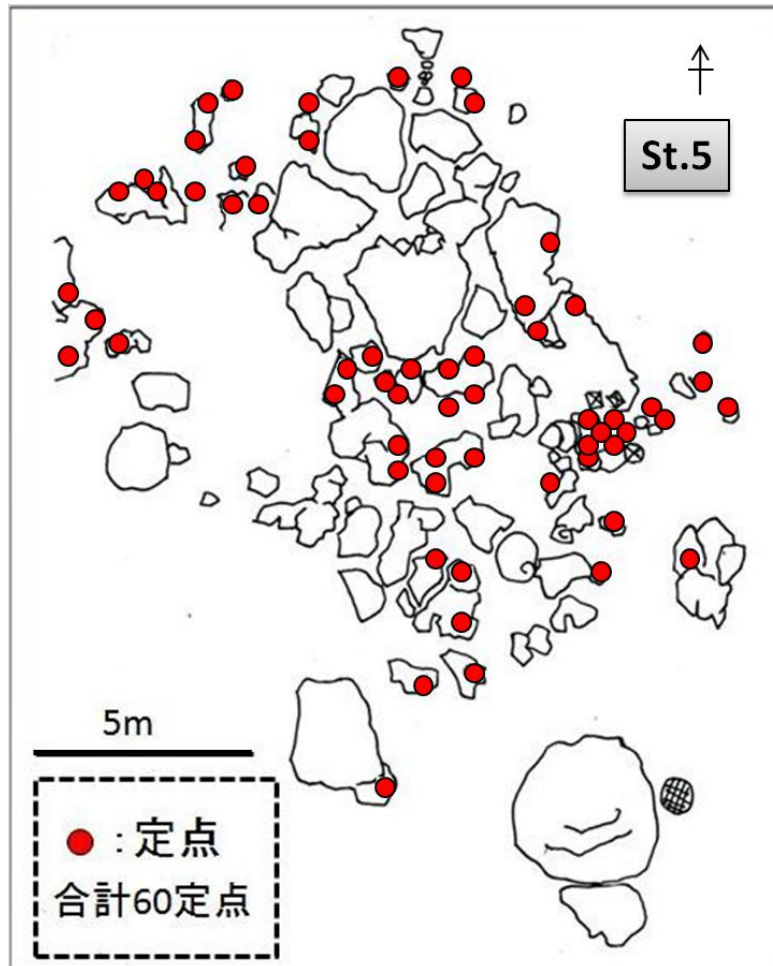


図 2-8 St.5 のサンゴ礁上に設置した定点の位置（定点マップ）



図 2-9 定点と 1 オミドリイシの位置関係

(3) 追跡群体マップの作成

2011 年 6 月の調査で特定した群体のデータを基に、追跡を行う 1 オミドリイシの位置及び写真のデータベース（以下追跡群体マップ）を作成した（図 2-10）。記載内容は、定点位置、ミドリイシの位置、ミドリイシの写真の 3 項目である。正確な追跡を行うため、マップ 1 枚につき、掲載するミドリイシの数は 3 群体までとした。1 定点に 4 群体以上の 1 オミドリイシが生育している場合、マップ枚数を複数枚作成した。左上の数字は、左から定点番号、追跡群体マップの枚数、追跡群体数を表している。右下の円形の図は、中心の点が定点を表し、アルファベットが追跡群体の位置を表している。また、内側の円は定点から 25cm、外側の円は 50cm 離れていることを表している。写真付近にある数字は、定点からの方位と距離を表している。

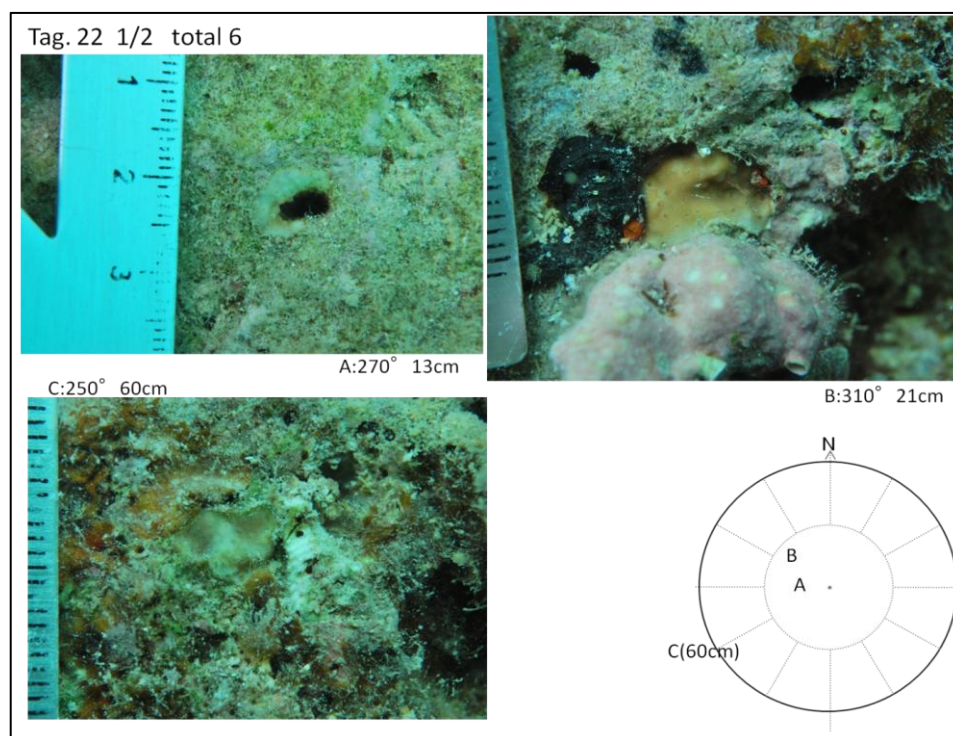


図 2-10 追跡群体マップの一例

(4) 定点景観写真の撮影

定点を中心に，水中で定点の確認を行えるように 40 cm×40 cm のコドラート写真を撮影した（図 2-11）．また，この写真によって追跡群体の位置を大まかに確認できると共に，定点としている釘などが流失した場合は，同じ場所に再び設置することができた．折尺の余った部分は，北を指している．

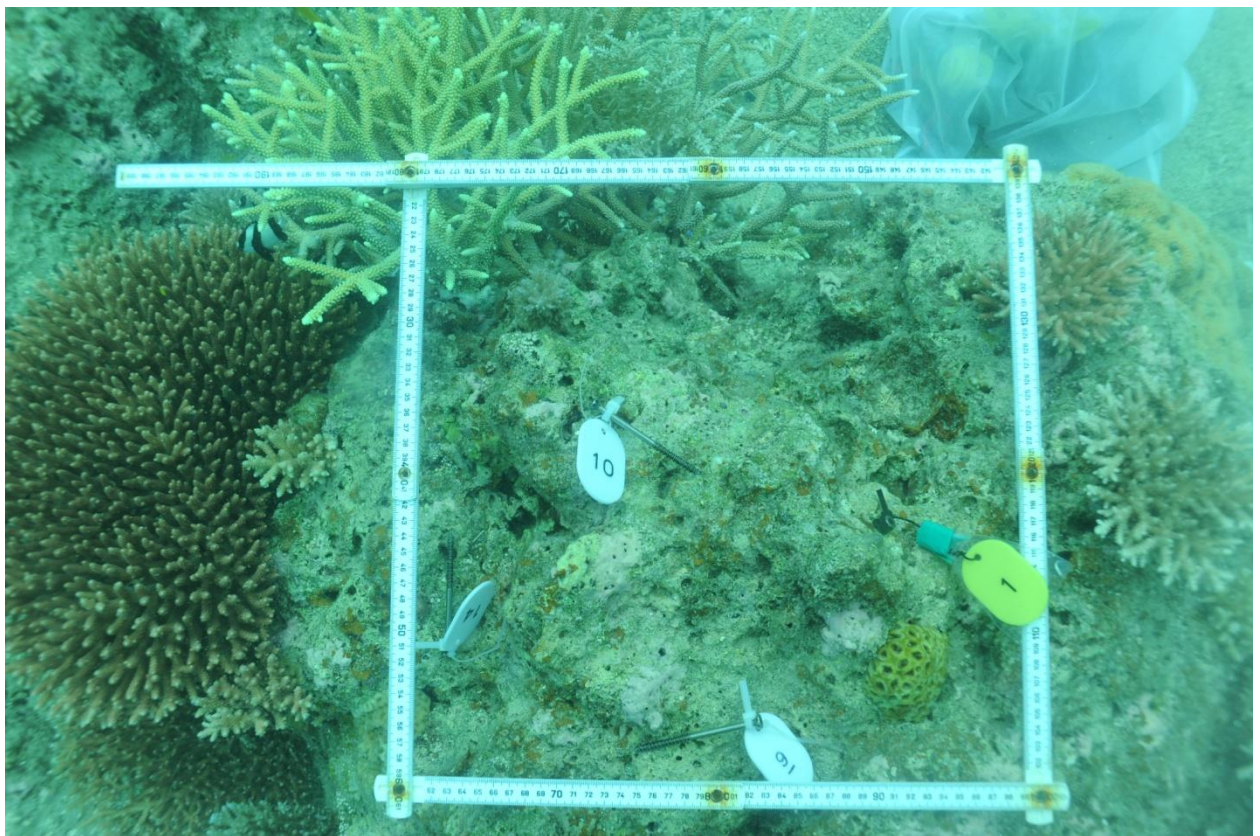


図 2-11 定点景観写真

2. 4. 3 追跡調査

追跡調査は、以下の手順で行った。

1. 定点マップを用いた定点の搜索
2. 追跡群体マップを用いたミドリイシの追跡
3. 各ミドリイシの写真をスケール入りで撮影

追跡調査は、定点マップで定点を見つけた後、追跡群体マップを用いて各定点周辺で特定した1オミドリイシの搜索を行った。この際、周囲の様子やミドリイシの特徴、変化を記録した。その後、水中カメラ（Nikon D60）でミドリイシをスケール入りで写真撮影を行った。得られたデータをもとに、追跡群体マップの更新を行った。

2. 5 解析方法

調査で得られた写真データをパソコンに取り込み，最大直径の計測と樹枝の長さの計測を計測できる群体全てに行った．なお，2011 年 6 月（一斉産卵 12 ヶ月後）のデータ解析では，上記に加え，着生地判別を行った．

2. 5. 1 着生地判別

一斉産卵後，幼生となったミドリイシは，3 - 7 日で適当な基盤を見つけて着生する．また，割れ目やくぼみを好んで定着することが知られている（野島 2006）．そこで，自然下において，着生場所による生残の違いを明らかにするため，一斉産卵 12 ヶ月後の着生場所を以下の 2 つに分類した（図 2-12）．

(1) 穴やくぼみに着生：

岩盤の穴やくぼみに着生し，一部を穴から出しているミドリイシ

(2) 着生場所不明：

着生した穴が確認できないため，平面に着生したのか小さな穴に着生し，その穴を群体が被覆したのか判断できないミドリイシ

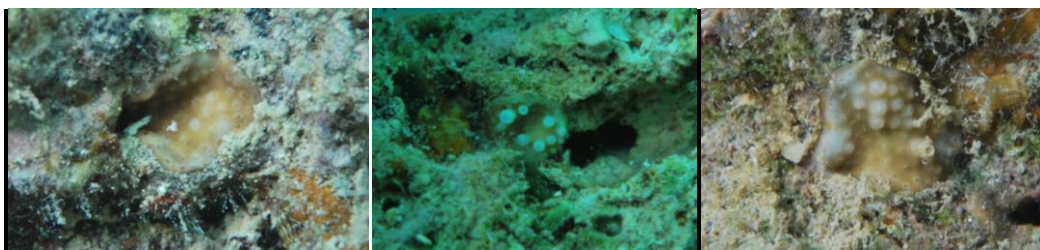


図 2-12 ミドリイシが着生する場所

左：穴に着生した群体 中：くぼみに着生した群体 右：着生場所不明の群体

2. 5. 2 最大直径・樹枝の長さの計測

ミドリイシの計測は、パソコンに取り込んだミドリイシの写真とアメリカ国立衛生研究所 (National Institute for Health: NIH) が作成した Macintosh 上で動作する画像解析ソフト NIH Image-J を Java 環境に移植したものをを用いて行った.

最大直径の計測は、ミドリイシを真上からから撮影した写真を用いて、岩盤に対して水平方向に最も広がっている距離を計測した. また、樹枝の長さは、最も長い樹枝を計測した. 詳しい測定方法を以下に示す.

- ① File から撮影した写真を開く.
- ② Straight line selections を選択し、測定するミドリイシと共に撮影した定規の 1cm 分をなぞる.
- ③ Analyze の set scale を選択し、Known distance を 10mm とする.
- ④ Freehand selections を選択し、計測する群体の最大直径、樹枝の長さを計測する.
- ⑤ Analyze の Measure を選択し、Length の値を読み取る.

以上がミドリイシの計測方法である.

第Ⅲ章 結果

本研究では，樹枝状ミドリイシの 1-2 才における成長過程を明らかにするために，石垣島名蔵湾において 2010 年 5 月 27 日に産まれたミドリイシ全種を対象にした追跡調査を行った．

石西礁湖において，人工基盤上に生育したミドリイシの一斉産卵 13 ヶ月後の最大直径は，2.8 - 11.8mm（平均 7.6 ± 標準偏差 2.4 mm）であり，12 mm に達しないことが報告されている（Okamoto 2010）．これより，一斉産卵 12 ヶ月後である 2011 年 6 月に，最大直径が 12 mm 未満のミドリイシを 2010 年生まれのミドリイシとして特定した．その後，2011 年 11 月（一斉産卵 17 ヶ月後），2012 年 5 月（一斉産卵 24 ヶ月後）において，一斉産卵 12 ヶ月後に記録したミドリイシ 203 群体の追跡調査を行った．以下，調査結果の詳細を記す．

3. 1 追跡したミドリイシの数量推移

一斉産卵 12 ヶ月後に追跡する群体の特定を行い，その後 2 回の追跡調査を行った．

追跡を行った群体は以下の 3 種に分け，記録した。

- | | |
|----------|-------------------|
| (1) 生育群体 | ・ 生育している群体群体. |
| (2) 死亡群体 | ・ 骨格のみ残っている群体 |
| (3) 合体群体 | ・ 他サンゴと融合, 接触した群体 |

一斉産卵 12, 17, 24 ヶ月後に行った追跡調査の結果を（表 3-1, 図 3-1）に示す.

表 3-1 追跡結果

月齡	生育群体数	死亡群体数	合体群体数
12	203	0	0
17	115	82	6
24	77	36	2

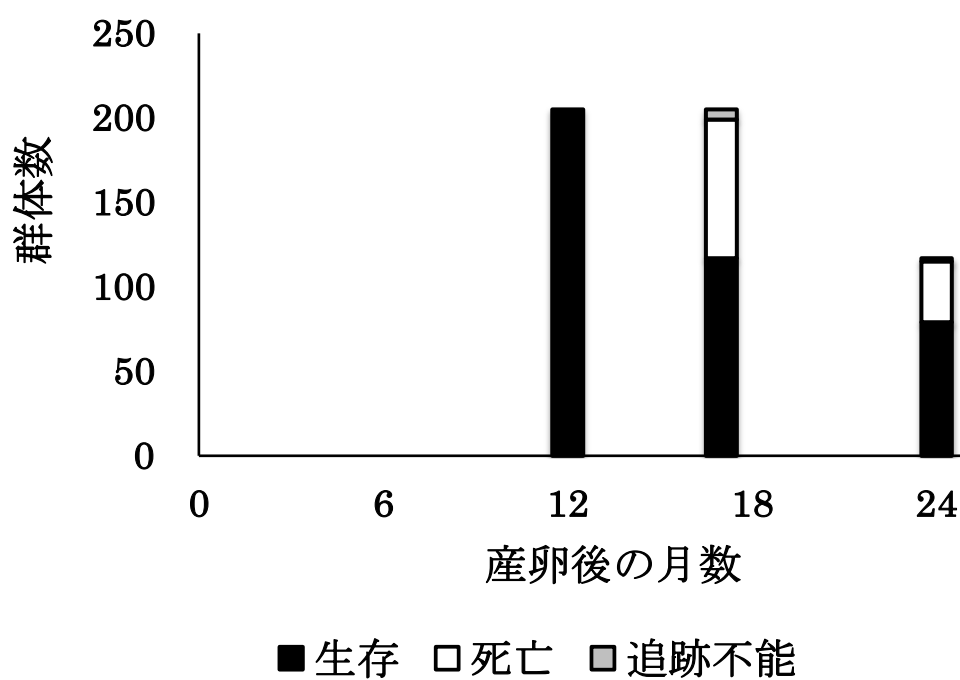


図 3-1 追跡結果

3. 2 生残率

一斉産卵 12 ヶ月後から 17 ヶ月後の間 (5 ヶ月間)、一斉産卵 12 ヶ月後から 24 ヶ月後の間 (12 ヶ月間)、一斉産卵 17 ヶ月後から 24 ヶ月後の間 (7 ヶ月間) の生残率を示す (表 3-2)。生残率は、母数から合体群体を除き、死亡群体と生育群体のみで算出した。

表 3-2 生残率

期間	生育群体数	死亡群体数	合体群体数	生残率 (%)
12 - 17	115	82	6	58.4
12 - 24	77	118	8	39.5
17 - 24	77	36	2	68.1

3. 3 ミドリイシの着生場所

一斉産卵 12 ヶ月後，ミドリイシ 203 群体の調査を開始した．そして，着生場所による成長の違いを明らかにするため，一斉産卵 12 ヶ月後の着生地を（1）穴やくぼみに着生（2）着生場所不明に分類した．

一斉産卵 12 ヶ月後に記録した 203 群体のうち，89 群体（43.8 %）が穴やくぼみに着生しており，114 群体（56.2 %）が着生地不明であった．

3. 4 追跡した全ミドリイシの最大直径，樹枝の長さの推移

2011 年 5 月（一斉産卵 12 ヶ月後）に最大直径が 12 mm 未満のミドリイシ 203 群体（平均 8.7 ± 1.9 mm）を特定した．その後，2 回の追跡調査を行い，生育群体の計測を行った．樹枝の長さの計測に関して，地形の関係上，追跡群体を横から撮影することができない場合があった．生育していた全群体の最大直径（表 3-3）と樹枝の長さ（表 3-4），また，最大直径の平均推移（図 3-2），樹枝の長さの平均の推移（図 3-4），さらに，各月齢で生育していた群体の最大直径，樹枝の長さをヒストグラムで表した（図 3-3, 3-5）．

表 3-3 追跡群体の最大直径

月 齢	群体数	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	203	3.8 - 12.0mm	8.7 \pm 1.9mm
17	115	4.3 - 32.4mm	15.4 \pm 5.5mm
24	77	7.3 - 48.0mm	21.5 \pm 8.5mm

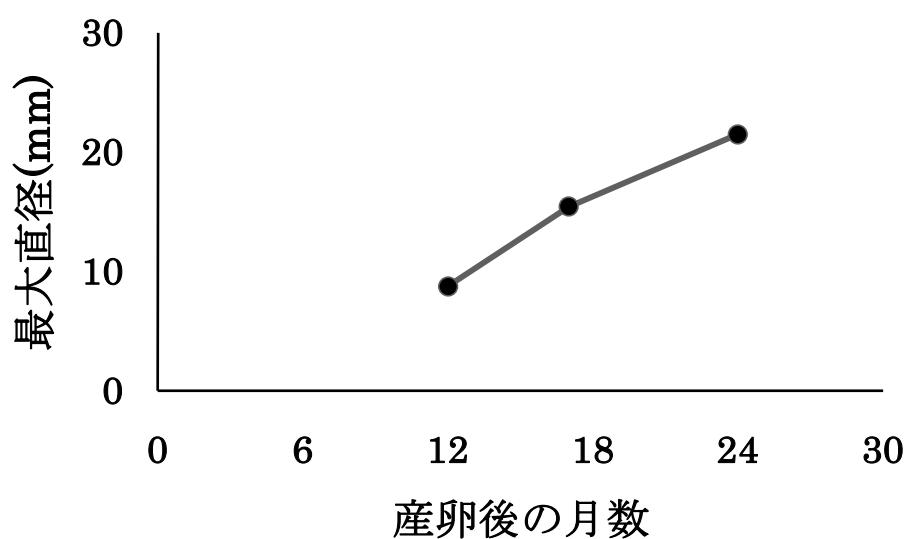


図 3-2 追跡群体の最大直径の平均推移

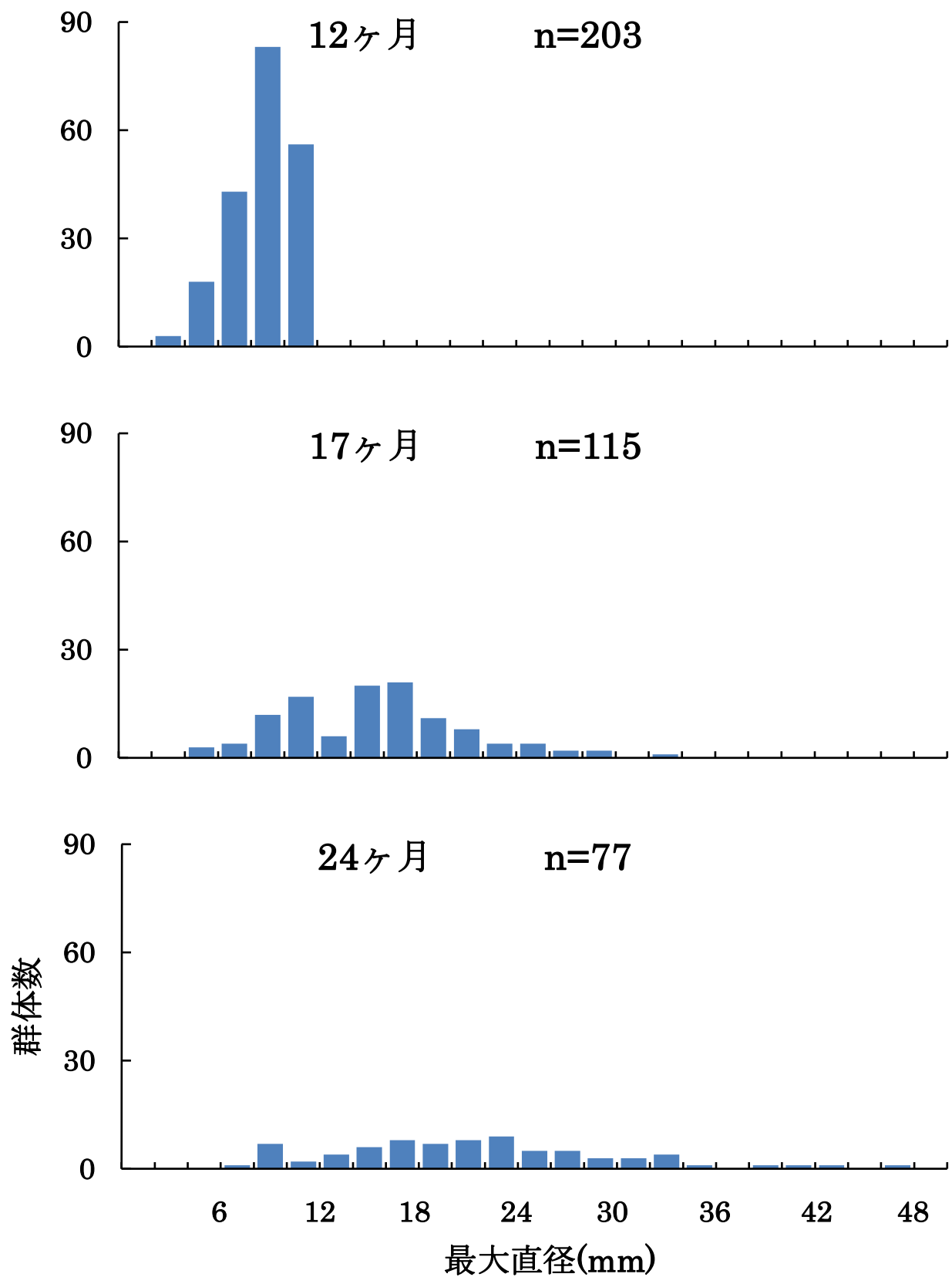


図 3-3 各月齢で生育していた群体の最大直径ヒストグラム

表 3-4 追跡群体の樹枝の長さ

月 齢	計測できた群体数	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	198	0 - 7.7mm	0.5 \pm 1.6mm
17	108	0 - 26.8mm	3.4 \pm 5.6mm
24	67	0 - 42.1mm	8.6 \pm 9.4mm

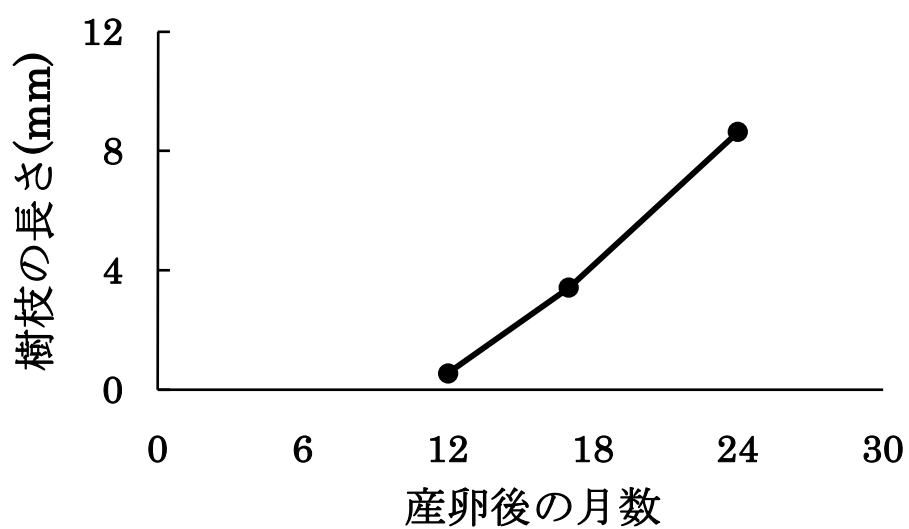


図 3-4 追跡群体の樹枝の長さの平均推移

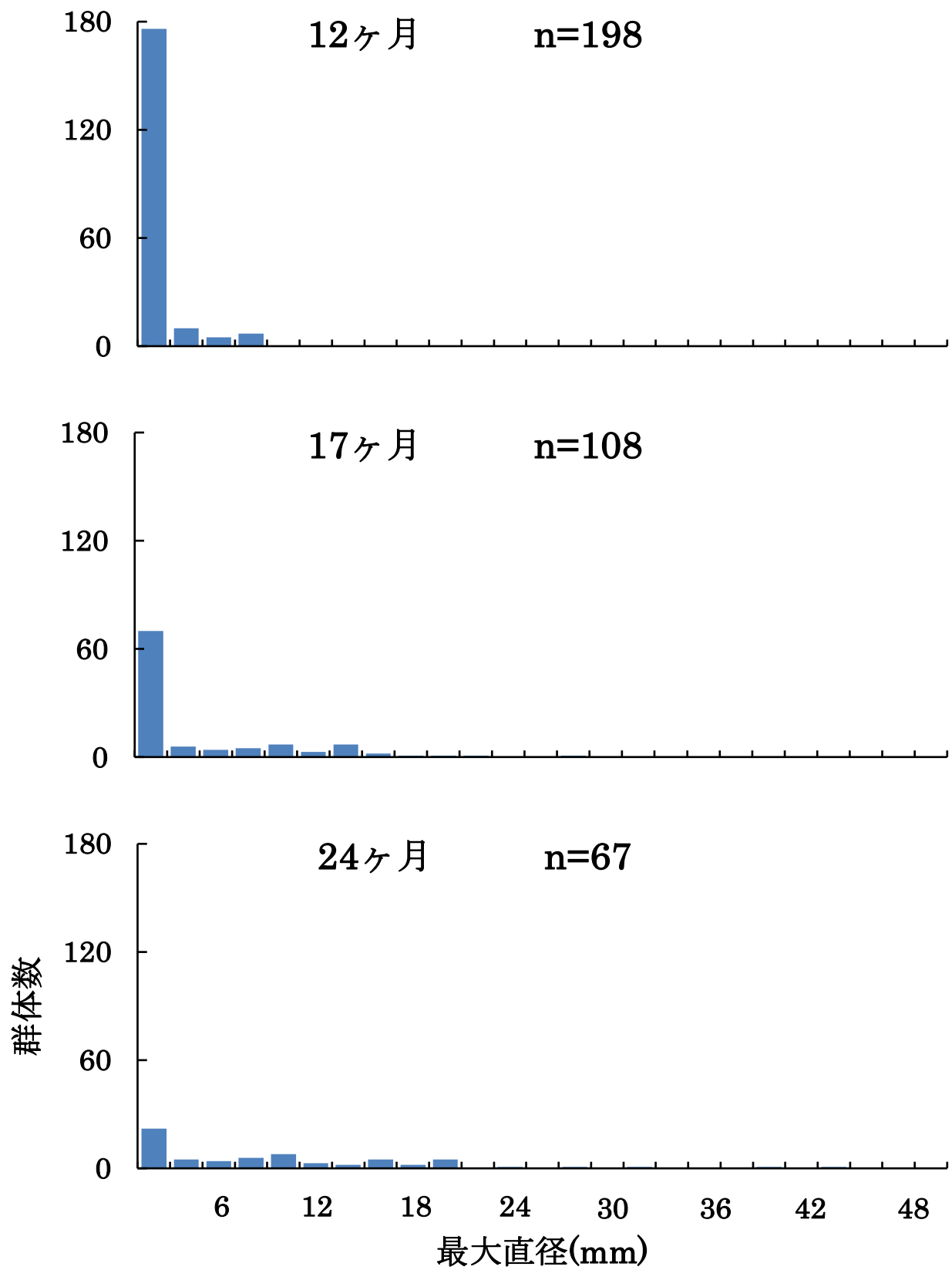


図 3-5 各月齢で生育していた群体の樹枝の長さのヒストグラム

3. 5 一斉産卵 24 ヶ月後に生育していたミドリイシの最大直径と樹枝の長さの推移

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた 77 群体の各調査回における最大直径と樹枝の長さを計測した。樹枝の長さの計測に関して、地形の関係上、追跡群体を横から撮影することができない場合があった。一斉産卵 12 ヶ月、17 ヶ月、24 ヶ月後それぞれの最大直径の平均は、9.2mm, 16.1mm, 21.5mm であった。樹枝の長さの平均は、それぞれ、0.6mm, 4.1mm, 8.6mm であった。

以下に、最大直径のデータ（表 3-5）、計測できた群体の樹枝の長さのデータ（表 3-6）、最大直径の平均推移（図 3-6）、樹枝の長さの平均推移（図 3-8）、各月齢における最大直径ヒストグラム（図 3-7）、樹枝の長さのヒストグラム（図 3-9）を示した。

表 3-5 2 才時生育群体の最大直径（N=77）

月 齢	最大直径の範囲	平均 ± 標準偏差
12	3.8 - 11.9mm	9.2 ± 1.8mm
17	4.5 - 29.4mm	16.1 ± 5.3mm
24	7.3 - 48.0mm	21.5 ± 8.5mm

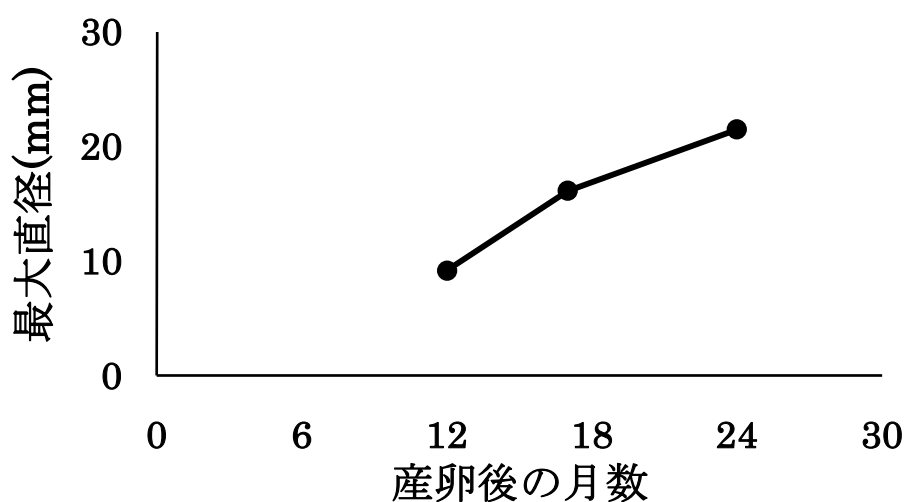


図 3-6 2 才時生育群体の最大直径の平均推移

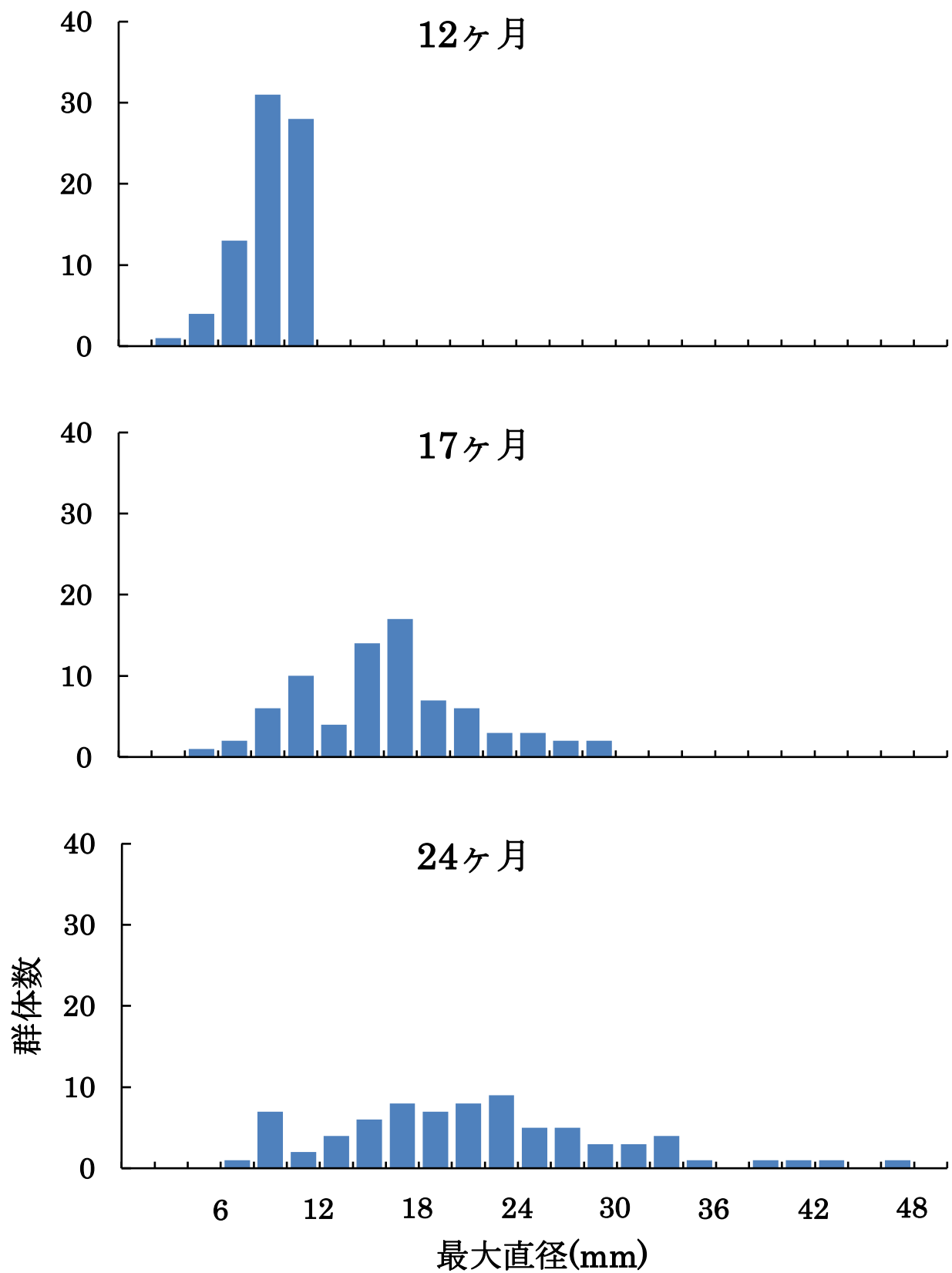


図 3-7 2才時生育群体の最大直径ヒストグラム (N=77)

表 3-6 2才時生育群体の樹枝の長さ

月 齢	計測できた群体数	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	72	0 - 8.0mm	0.6 \pm 1.7mm
17	70	0 - 26.8mm	4.1 \pm 5.9mm
24	67	0 - 42.1mm	8.6 \pm 9.4mm

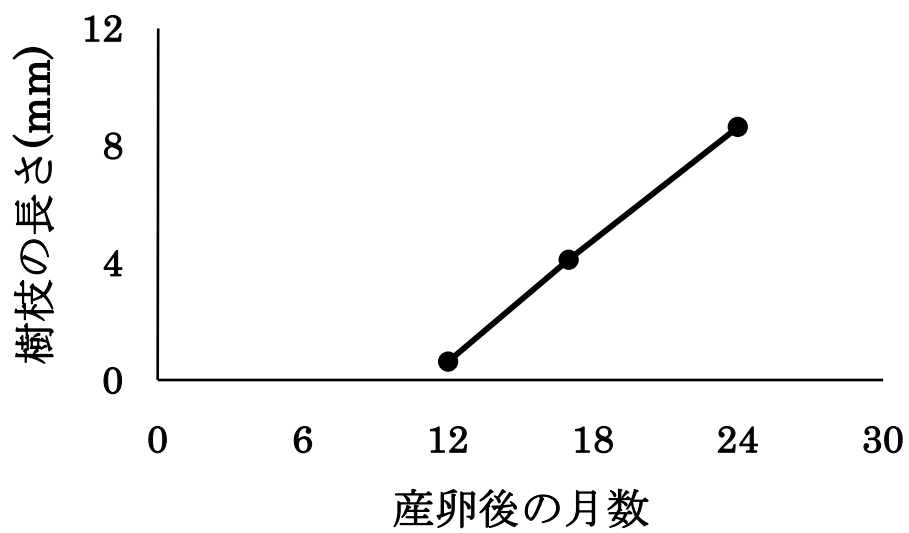


図 3-8 2才時生育群体の樹枝の長さの平均推移

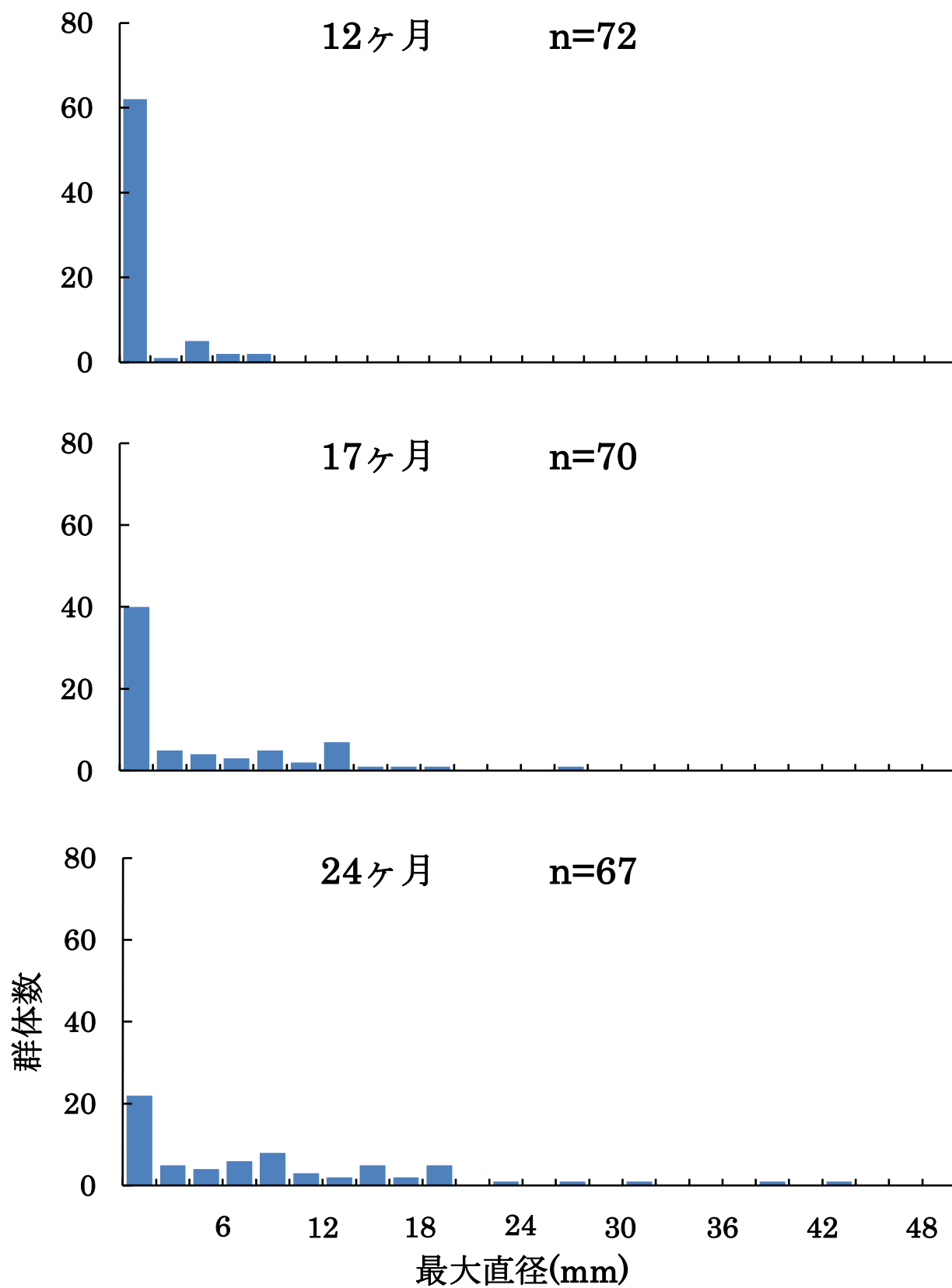


図 3-9 2才時生育群体(計測できた群体のみ)の樹枝の長さのヒストグラム

第IV章 考察

本研究は、名蔵湾 St.5 に点在するサンゴ礁上に生育するミドリイシの追跡調査を行い、1才から2才までの樹枝状ミドリイシの生残と成長過程を明らかにすることを目的とした。以下、1才から2才までのミドリイシの生残、成長過程について考察する。

4. 1 生残率

4. 1. 1 生残率の結果について

一斉産卵 12 ヶ月後、最大直径 12mm 未満の 203 群体を 1 才ミドリイシとして特定し、追跡調査を行った。一斉産卵 17 ヶ月後、生育していた群体は 115 群体で、一斉産卵から 12 - 17 ヶ月（5 ヶ月）間の生残率は 58.4 %であった。一斉産卵 24 ヶ月後、生育していた群体は 77 群体であった。一斉産卵から 12 - 24 ヶ月（12 ヶ月）間の生残率は 49.5 %、一斉産卵から 17 - 24 ヶ月（7 ヶ月）間の生残率は 68.1 %であった。

ミドリイシの生残率に影響を与えている要因の一つとして、藻類の繁茂が考えられる。死亡と判断した群体のうち、骨格が残っているものには全て微細藻類が繁茂していた（図 4-1）。また、特定したミドリイシが生育している場所に存在しなかった場合には、その場所を藻類が覆っているという事象が見られた（図 4-2）。名蔵湾には農業用水が混入している名蔵川が流入しているため、藻類の生育に必要な栄養塩の供給が十分にあると考えられる。このことから、名蔵湾では、藻類の生育に適した環境であることが考えられ、サンゴと藻類の競合が起きていると推測される。



図 4-1 死んだサンゴに藻類が繁茂している様子

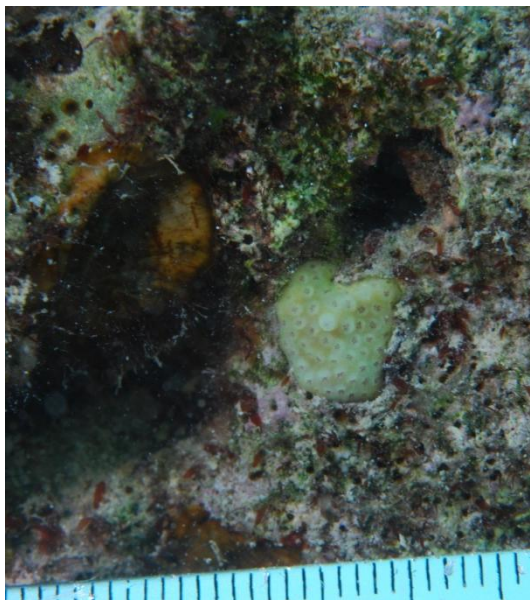


図 4-2 サンゴが生育していた場所を藻類が覆う様子
(左：一斉産卵 17 ヶ月後 右：一斉産卵 24 ヶ月後)

4. 1. 2 着生場所と生残の関係性について

ミドリイシの着生場所が生残に影響を与えるのかを調べるため、ミドリイシが着生した場所を調べて解析を行った。

一斉産卵 12 ヶ月後の初回調査時、追跡調査をする群体として 203 群体の 1 才ミドリイシを特定した。特定した全群体の着生場所を、穴やくぼみに着生した群体と平面に着生したのか小さい穴等に着生したのか判断できない群体を着生場所不明として分類した。その結果、一斉産卵 12 ヶ月後に記録した 203 群体のうち、89 群体が穴やくぼみに着生しており、114 群体が着生地不明であった。

2012 年 5 月（一斉産卵 24 ヶ月後）の調査の結果、初回調査時に穴やくぼみに着生した 89 群体のうち、40 群体が生育、48 群体が死亡、1 群体が合体していた。また、着生場所不明群体については、116 群体のうち、37 群体が生育、70 群体が死亡、7 群体が他のサンゴと合体していた。

これらの結果より、1 - 2 才間の着生場所ごとの生残率（合体した群体は母数から除いて計算）は、穴やくぼみに着生した場合が 45.5%，着生地が不明な場合が 33.9%だった。

この結果により、穴やくぼみに着生したほうが生き残りやすいことが示された。着生場所不明群体は、穴やくぼみで生育するよりも外環境にさらされているため、他の生物による捕食や、草食魚類によるグレイジング（藻類をたべるために岩盤ごと歯で削り取る行動）による岩盤からの剥離の影響等を受けやすいことが考えられる。

先行研究（作田 2011）が、石西礁湖北リーフにおいて本研究と同様の方法により、1 - 2 才間での着生場所ごとの生残率を示している。それによると、穴やくぼみに着生した群体の生残率が 41.6%，着生地不明の群体の生残率が 28.6%となっている。この結果

を本研究の名蔵湾における結果と比較すると、どちらの海域でも穴やくぼみに着生した方が生き残りやすいことが示された。また、着生場所不明群体の生残率に関しては、名蔵湾の方が 5.3% 高い結果となった。この差が生じた要因として、主に波浪の影響度の違いが考えられる。本研究の調査地点である St.5 は、名蔵川の河口付近で、名蔵湾の内側に位置するため波浪の影響を受けにくい。対して、石西礁湖北リーフは外洋と通じているため、名蔵湾より波浪の影響を受けやすい。そのため、穴に着生していないサンゴは、台風などの大きな波浪によって巻き上げられた砂や瓦礫等による衝突、摩擦、埋没などによって生き残りにくくなっていると推測される。

4. 1. 3 まとめ

本研究では、名蔵湾 St.5 に点在するサンゴ礁上で生育するミドリイシの 1-2 才間における生残率を明らかにした。2011 年 5 月に特定した 1 才ミドリイシ（203 群体）の 2 才時における生残率は、39.5% と示された。生残率に影響を与えている主な要因として、名蔵川がもたらす栄養塩による藻類の繁茂が考えられた。

着生場所による生残への影響について、穴やくぼみに着生した群体が生き残りやすいことがわかった。また、サンゴ礁上に着生しており、群体が外環境に露出している場合は、波浪の影響が小さい海域ならば生き残りやすいことが推測された。

4. 2 形状タイプ別 成長過程解明

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体は、成長傾向が様々であり、データに大きなばらつきが見られた。これは、種によって成長過程が異なるからであると推測される。そのため、得られたデータから有用な情報を得るには、生育群体を種別に分けてデータを解析することが必要であると判断した。しかし、同定するには成長が不十分な群体が多かった。そのため、群体ごとに特徴をつかんでタイプ分けを行った。各タイプで示す 3 つの成長段階における写真は、すべて同じスケールとなっている。

4. 2. 1 タイプ分けの基準について

生育群体の成長傾向を解析したところ、樹枝の伸ばし方と樹枝に形成されるポリプの骨格の形状に明瞭な違いが見られた。そのため、本研究では、得られた 2 才群体（77 群体）を 2 つの分類基準でタイプ分けを行い、タイプごとに成長過程を解析した。また、樹枝を伸ばしていない群体については、群体間で明瞭な違いが表れる要因がないため、タイプ分けを行わずに分類不可群体として扱った。

4. 2. 2 樹枝の長さのデータについて

地形が複雑で追跡群体を横から撮影することができない、または、調査日の関係で再撮影ができず、樹枝の長さを計測できない調査回がある群体があった。そのため、タイプ別で成長データを解析する際は、すべての調査で計測できた群体のみ用いて解析を行った。

4. 2. 3 解析結果

(1) タイプ A

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、基盤の中心から多くの樹枝を伸ばし、樹枝に形成されるポリプの骨格を外側に大きく広げて形成している群体をタイプ A とした(図 4-3, 4-4)．これらの特徴と群体形状から、タイプ A はタチハナガサミドリイシと推測される(図 4-5)．タイプ A に分類した群体は、77 群体中 25 群体であった．

タイプ A は、10mm 程度に基盤を成長させ、短い樹枝を基盤の中心に 1～2 本形成する群体が多く見られた(図 4-6)．17 ヶ月時には、12 ヶ月時に形成した樹枝から多くの樹枝が形成されていた．24 か月時には、樹枝を増やすことよりもそれまで形成した樹枝を長く伸ばすことに専念していると考えられた．また、タイプ A では、着生した穴を埋めずに樹枝を伸ばす傾向がある(図 4-4)．

以下、最大直径の成長(表 4-1)、樹枝の成長(表 4-2)、最大直径の平均推移(図 4-7)、樹枝の長さの平均推移(図 4-8)を示す．



図 4-3 タイプ A の樹枝に形成されるポリプの骨格

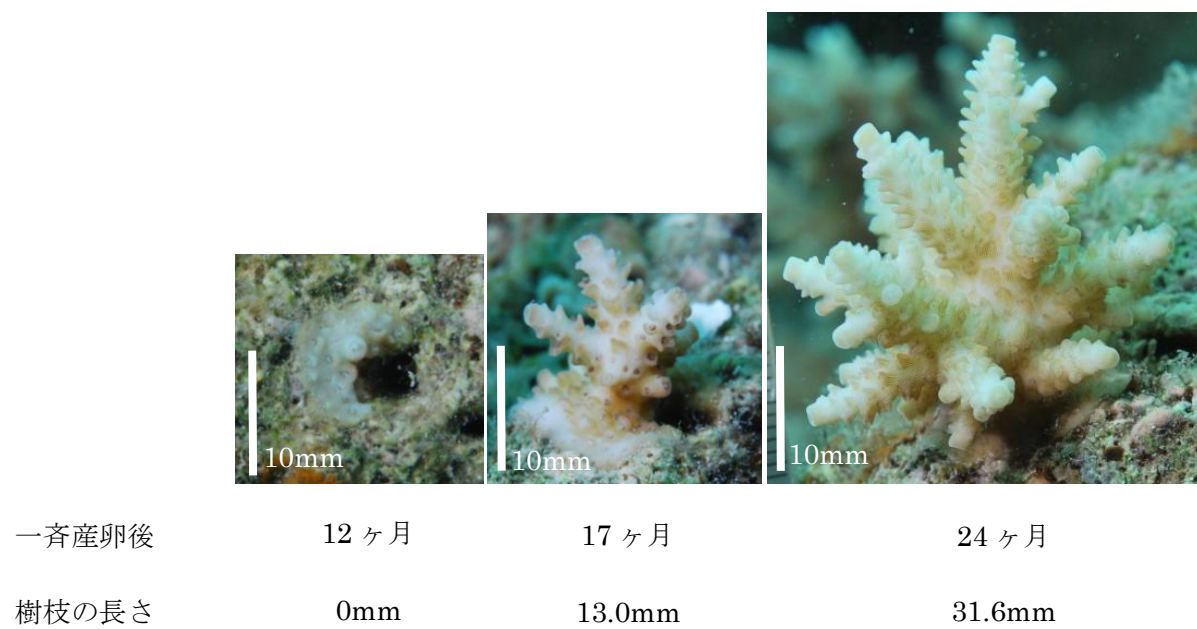
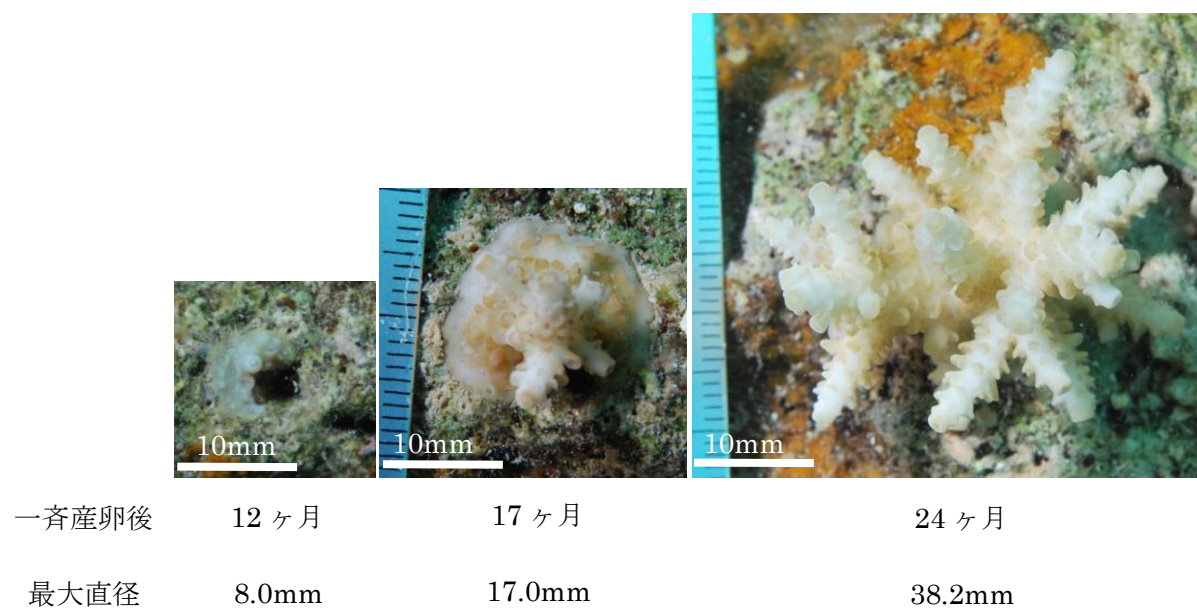


図 4-4 タイプ A の成長例

上：上から見た成長経過 下：横から見た成長経過

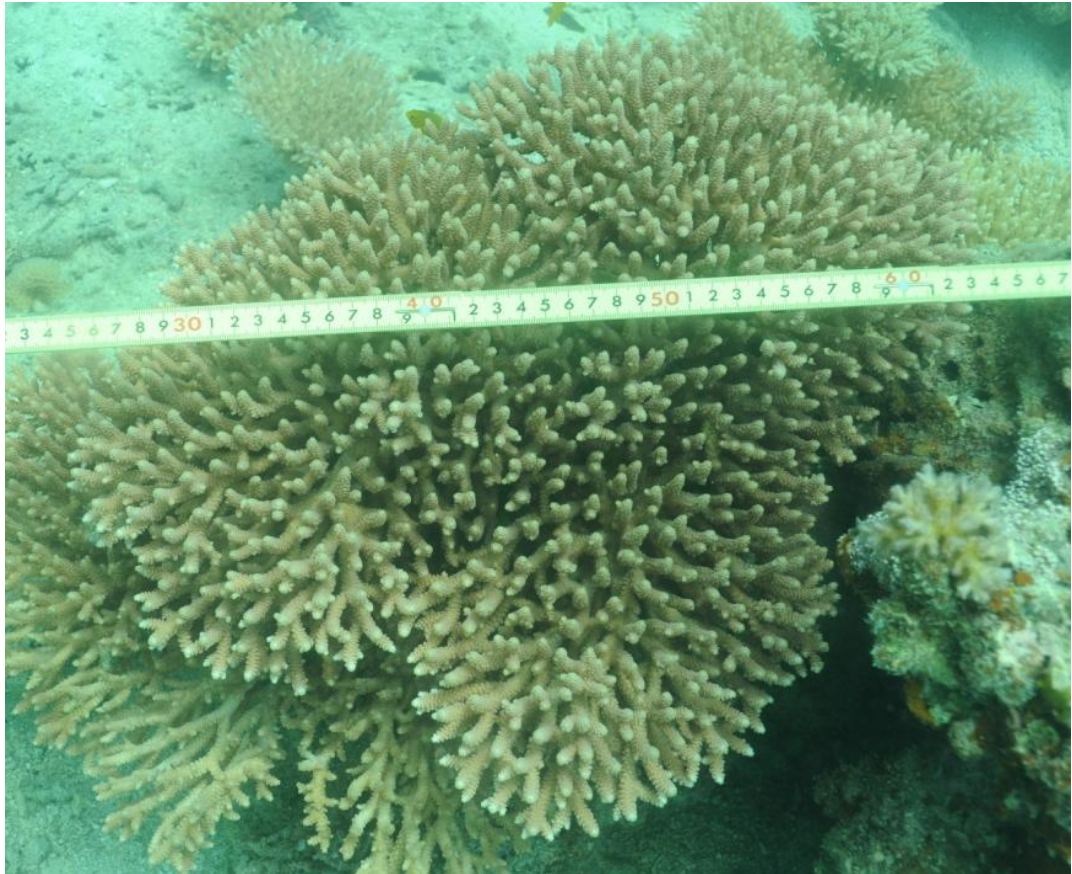


図 4-5 St. 5 で生育するタチハナガサミドリイシ

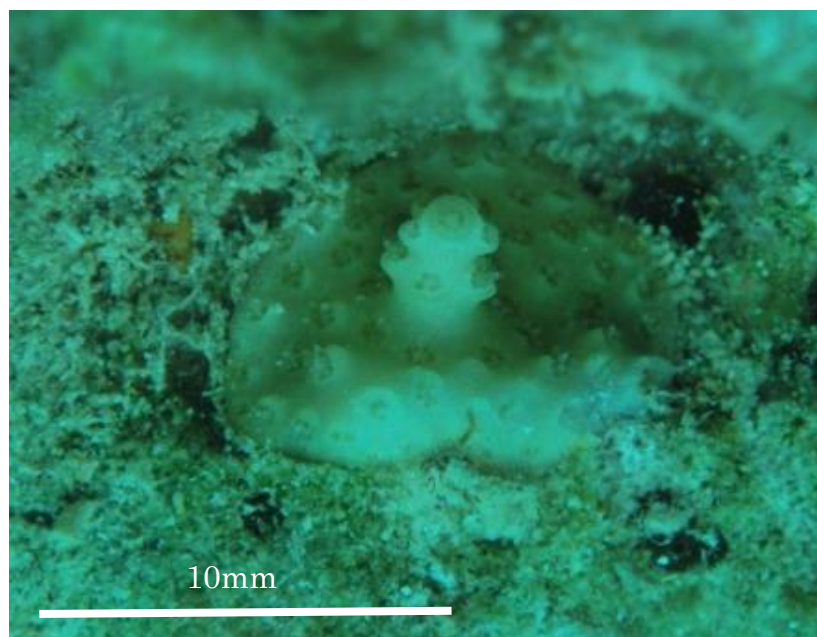


図 4-6 1 才時に基盤の中心から 1 本の樹枝を伸ばすタイプ A

表 4-1 タイプ A の最大直径 (N=25)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	5.6 - 11.6mm	9.3 \pm 1.6mm
17	10.1 - 26.7mm	18.4 \pm 4.4mm
24	12.8 - 48.0mm	25.4 \pm 8.5mm

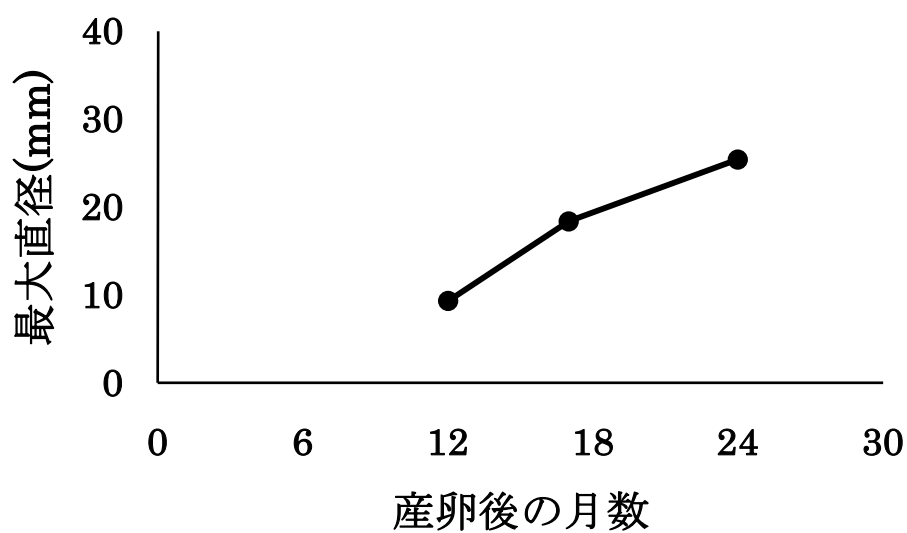


図 4-7 タイプ A の最大直径の平均推移

表 4-2 タイプ A の樹枝の長さ (N=15)

月 齢	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	0 - 8.0mm	1.9 \pm 2.7mm
17	0 - 14.4mm	7.7 \pm 5.3mm
24	4.6 - 31.6mm	13.3 \pm 8.6mm

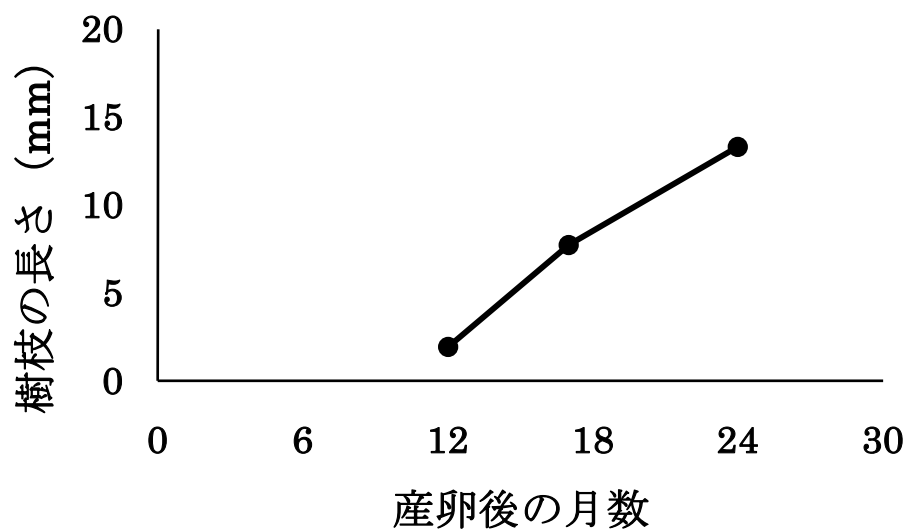


図 4-8 タイプ A の樹枝の長さの平均推移

(2) タイプ B

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、基盤面積が大きく、樹枝に形成されるポリプの骨格形状が鼻型の群体をタイプ B とした(図 4-9, 4-10)。これらの特徴と群体形状から、タイプ B はハナガサミドリイシと推測される(図 4-11)。タイプ B に分類した群体は、77 群体中 6 群体であった。

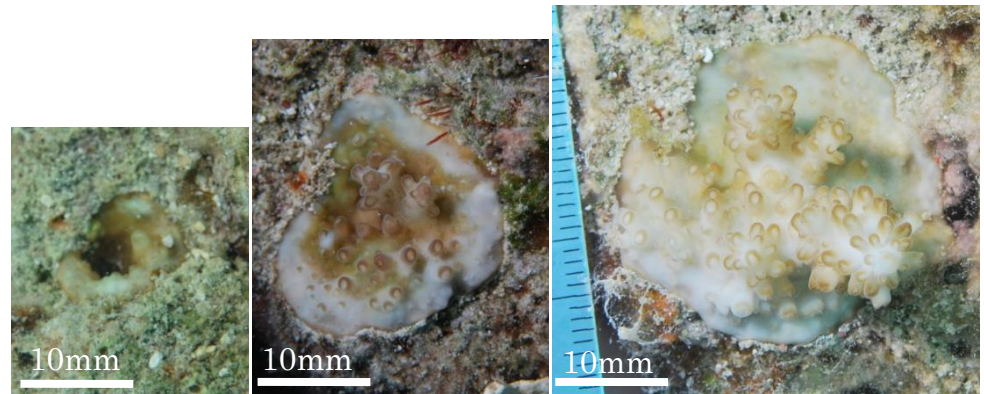
タイプ B は、全タイプの中で最も基盤形成に時間をかけていると見受けられた。一斉産卵後 12 ヶ月から 17 ヶ月にかけて基盤を大きく広げた後、24 ヶ月時にかけて無秩序に樹枝を形成していた。

ハナガサミドリイシの色彩は褐色、淡褐色のみである(西平 1995)。その特徴は 1 才の時点でも現れており、タイプ B に分類した 6 群体の 1 才時の色彩はすべてが褐色だった。

以下、最大直径の成長(表 4-3)、樹枝の成長(表 4-4)、最大直径の平均推移(図 4-12)、樹枝の長さの平均推移(図 4-13)を示す。



図 4-9 タイプ B の樹枝に形成されるポリプの骨格



一斉産卵後	12 ヶ月	17 ヶ月	24 ヶ月
最大直径	11.1mm	20.5mm	32.1mm
樹枝の長さ	0mm	6.7mm	9.9mm

図 4-10 タイプ B の成長例



図 4-11 名蔵湾で生育するハナガサドリイシ

表 4-3 タイプ B の最大直径 (N=6)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	5.7 - 11.1mm	9.3 \pm 2.2mm
17	15.8 - 29.4mm	20.7 \pm 4.7mm
24	22.1 - 43.2mm	29.4 \pm 7.7mm

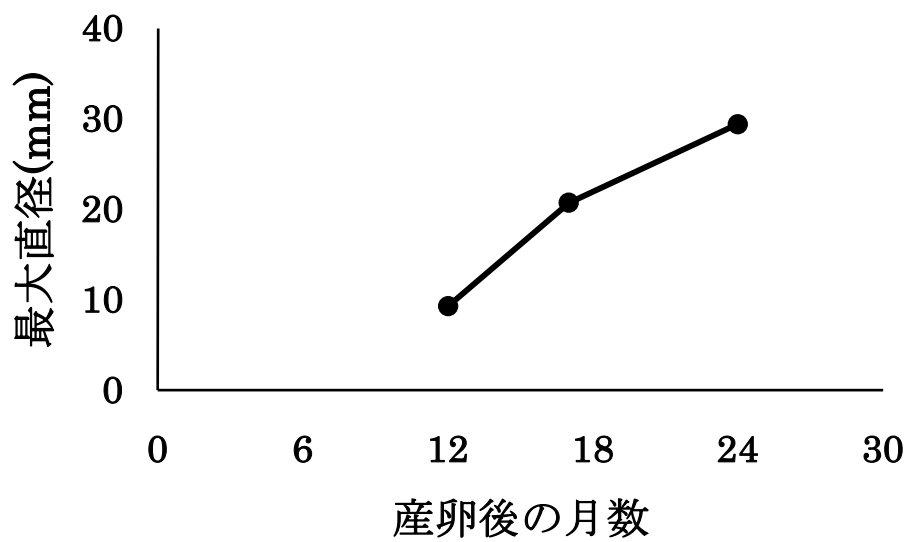


図 4-12 タイプ B の最大直径の平均推移

表 4-4 タイプ B の樹枝の長さ (N=5)

月 齢	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	0mm	0 \pm 0mm
17	0 - 6.7mm	2.7 \pm 3.0mm
24	0 - 9.9mm	7.1 \pm 4.1mm

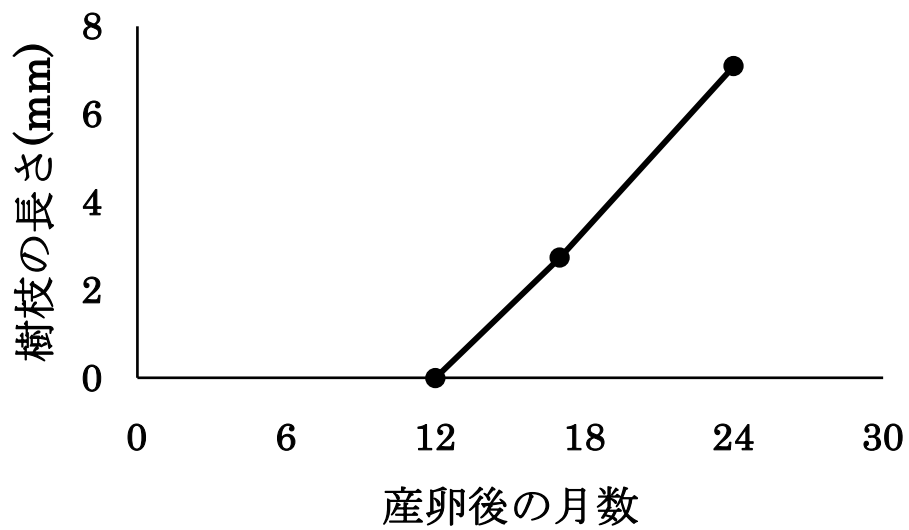


図 4-13 タイプ B の樹枝の長さの平均推移

(3) タイプ C

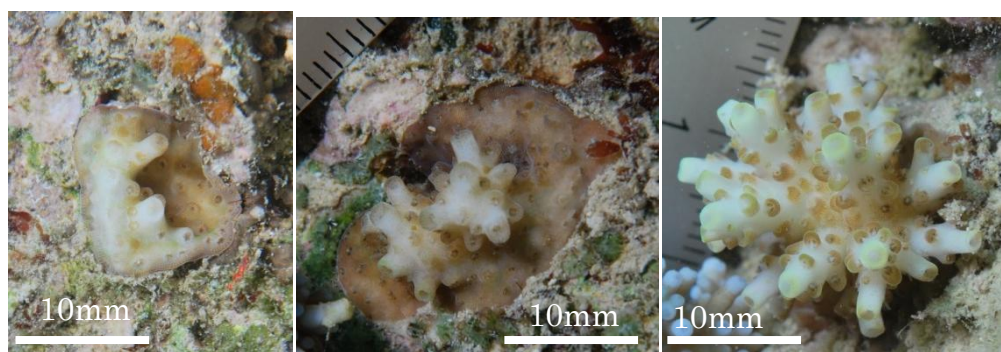
一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、基盤の中心から多くの樹枝を伸ばし、樹枝に形成されるポリプの骨格形状が鼻型で、その先端が伸びている群体をタイプ C とした(図 4-14, 4-15)。これらの特徴と群体形状から、タイプ C はハナバチミドリイシと推測される(図 4-16)。タイプ C に分類した群体は、77 群体中 5 群体であった。

タイプ C は、一斉産卵 12 ヶ月後から樹枝を伸ばし始め、17 ヶ月後では、基盤のいたるところから樹枝を形成し、24 ヶ月後には樹枝をさらに増やしながら放射状に成長する傾向が見られた(図 4-17)。

以下、最大直径の成長(表 4-5)、樹枝の成長(表 4-6)、最大直径の平均推移(図 4-18)、樹枝の長さの平均推移(図 4-19)を示す。



図 4-14 タイプ C の樹枝に形成されるポリプの骨格



一斉産卵後	12 ヶ月	17 ヶ月	24 ヶ月
最大直径	9.1mm	20.1mm	23.2mm
樹枝の長さ	3.0mm	5.7mm	9.6mm

図 4-15 タイプ C の成長例

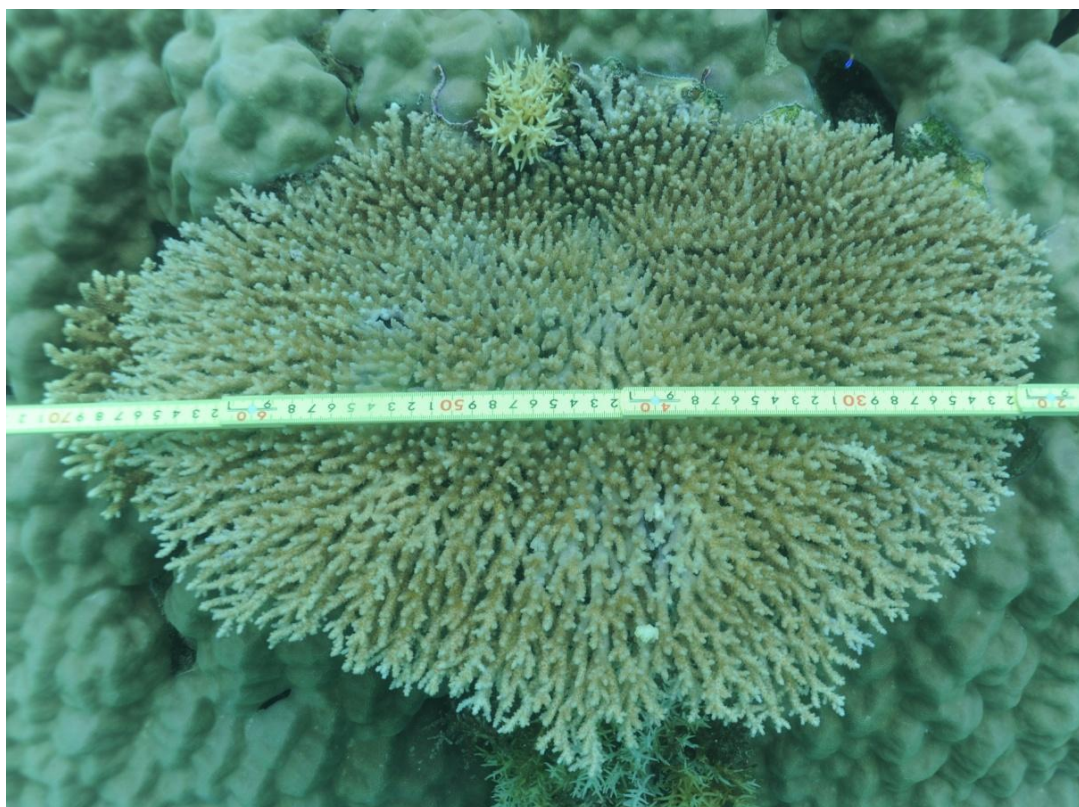


図 4-16 名蔵湾で生育するハナバチミドリイシ



図 4-17 放射状に樹枝を伸ばすタイプ C

表 4-5 タイプ C の最大直径 (N=5)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	9.1 - 11.9mm	10.4 \pm 1.3mm
17	13.9 - 25.4mm	18.0 \pm 4.8mm
24	19.8 - 30.6mm	23.8 \pm 4.5mm

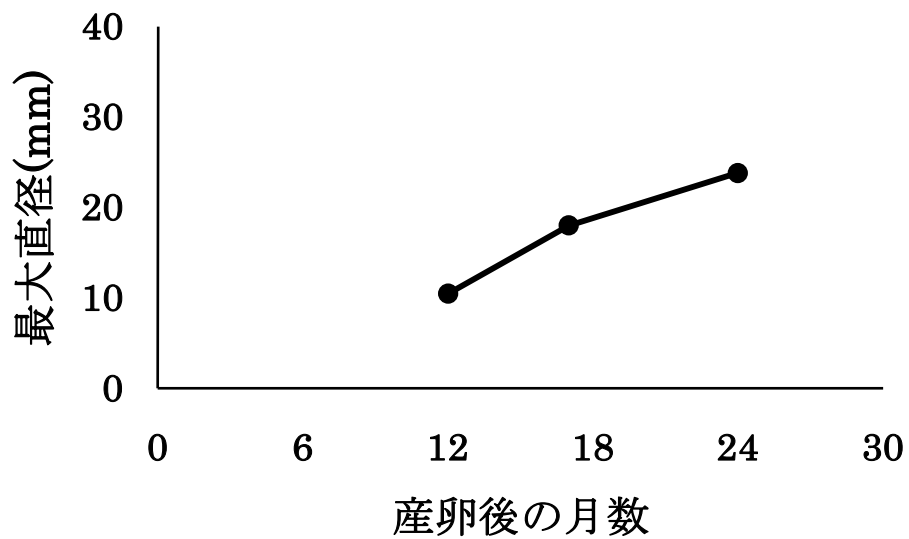


図 4-18 タイプ C の最大直径の平均推移

表 4-6 タイプ C の樹枝の長さ (N=3)

月 齢	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	0 - 3.0mm	0.6 \pm 1.3mm
17	0 - 17.6mm	6.1 \pm 6.7mm
24	9.6 - 10.7mm	10.2 \pm 0.5mm

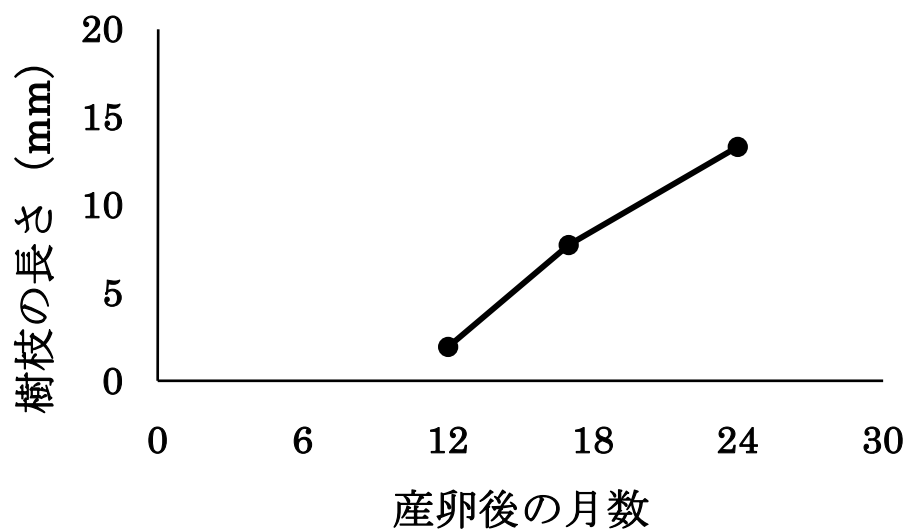


図 4-19 タイプ C の樹枝の長さの平均推移

(4) タイプ D

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、基盤から複数の樹枝を伸ばしており、樹枝部が青色や褐色に染まっていて、樹枝に形成されるポリプの骨格を突出させて形成している群体をタイプ D とした(図 4-20, 4-21)。これらの特徴と群体形状から、タイプ D はクロマツミドリイシと推測される(図 4-22)。タイプ D に分類した群体は、77 群体中 4 群体であった。

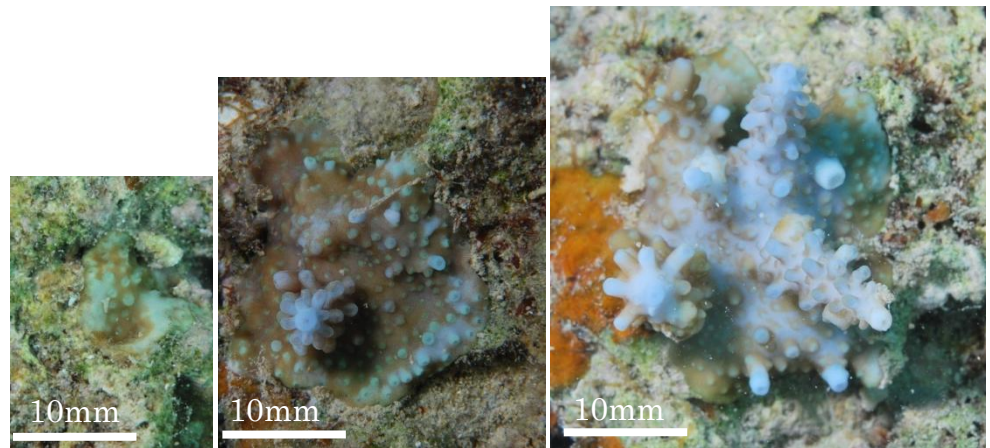
タイプ D は、ある程度基盤を成長させた後、基盤のあらゆる部分から樹枝を形成し、その後、24 ヶ月時にかけてその樹枝を分岐させずまっすぐに伸長する傾向が見られた。

タイプ D の特色として、骨格自体に色がついており、図 2-21 の成長例では、青色になっている。

以下、最大直径の成長(表 4-7)、樹枝の成長(表 4-8)、最大直径の平均推移(図 4-23)、樹枝の長さの平均推移(図 4-24)を示す。



図 4-20 タイプ D の樹枝に形成されるポリプの骨格



一斉産卵後	12 ヶ月	17 ヶ月	24 ヶ月
最大直径	9.3mm	24.7mm	31.0mm
樹枝の長さ	0mm	10.2mm	17.0mm

図 4-21 タイプ D の成長例



図 4-22 St. 5 で生育するクロマツミドリイシ

表 4-7 タイプ D の最大直径 (N=4)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	6.4 - 10.9mm	8.7 \pm 1.9mm
17	13.1 - 29.1mm	20.5 \pm 7.6mm
24	17.2 - 33.3mm	25.2 \pm 8.1mm

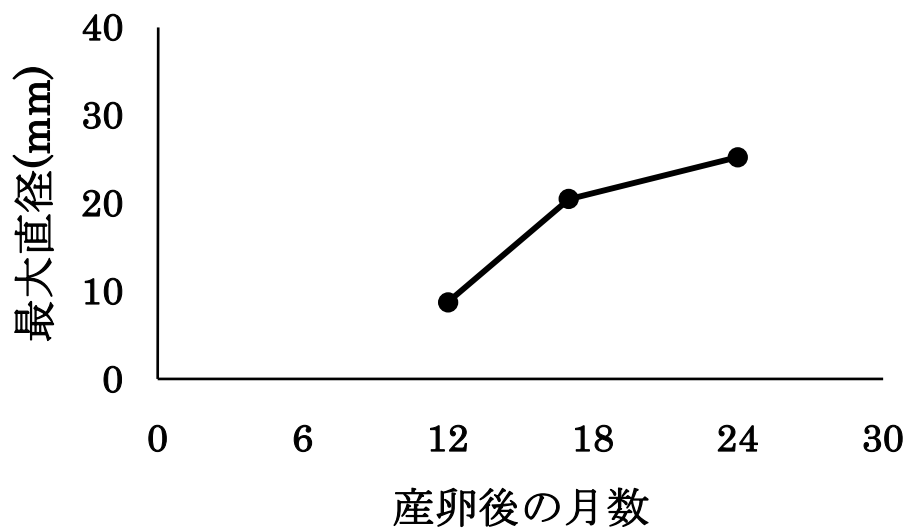


図 4-23 タイプ D の最大直径の平均推移

表 4-8 タイプ D の樹枝の長さ (N=4)

月 齢	樹枝の長さの範囲	平均 \pm 標準偏差
12	0 - 4.0mm	1.0 \pm 2.0mm
17	0 - 26.8mm	10.3 \pm 11.8mm
24	8.2 - 18.7mm	15.0 \pm 4.6mm

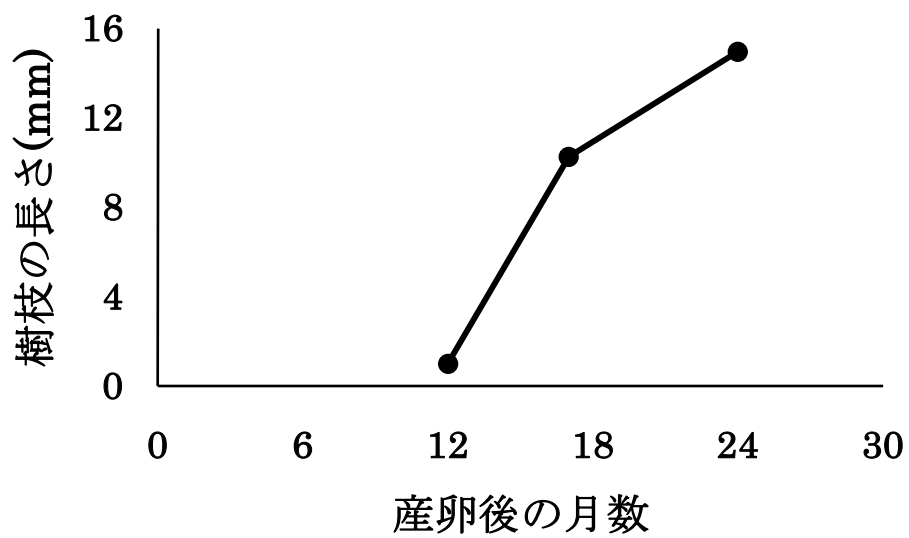


図 4-24 タイプ D の樹枝の長さの平均推移

(5) タイプ E

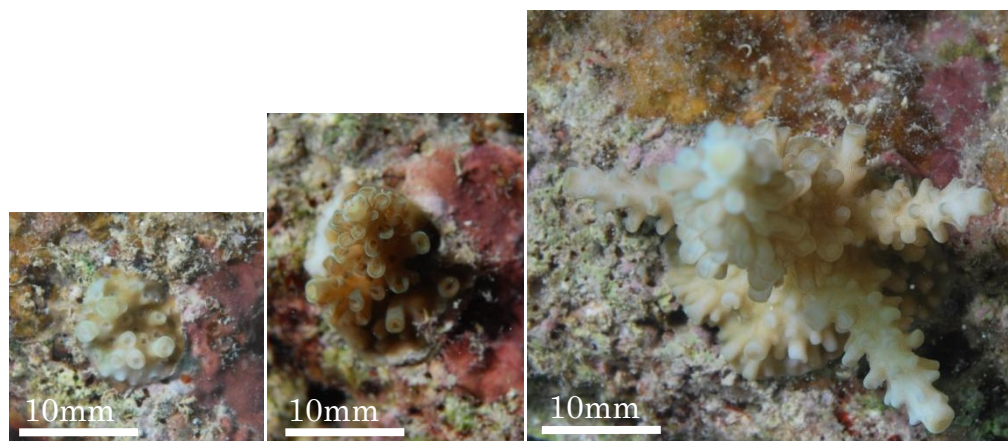
一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、樹枝を長く伸ばし、樹枝に大小 2 種類のポリプ骨格を形成している群体をタイプ E とした(図 4-25, 26)。これらの特徴と群体形状から、タイプ E はトゲスギミドリイシと推測される(図 4-27)。タイプ E に分類した群体は、77 群体中 2 群体であった。

タイプ E は、12 ヶ月から 17 ヶ月にかけて基盤の中心から 1 本の樹枝を伸ばし始めた。その後、17 ヶ月から 24 ヶ月にかけて、最初に形成した樹枝を長く発達させ、その樹枝の根元付近で多方向に樹枝を形成していた。

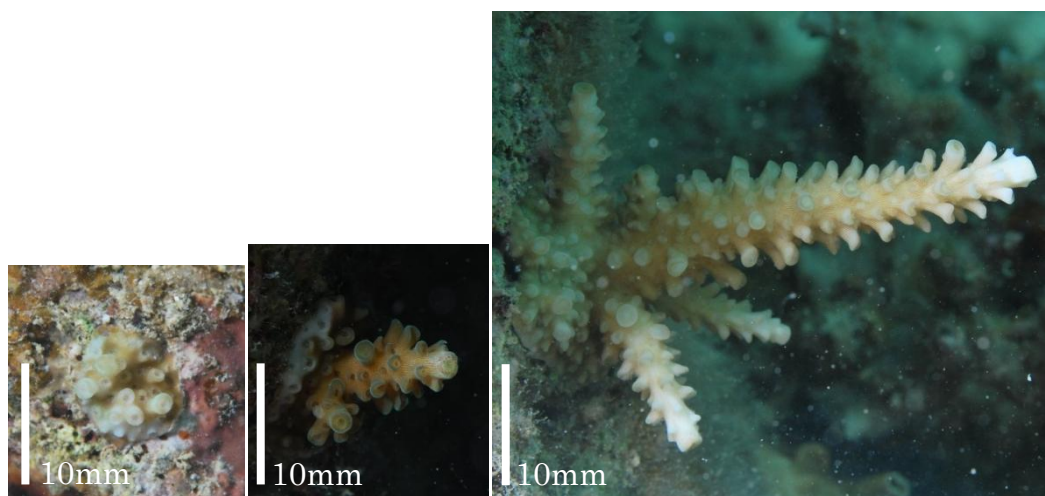
以下、最大直径の成長(表 4-9)、樹枝の成長(表 4-10)、最大直径の平均推移(図 4-28)、樹枝の長さの平均推移(図 4-29)を示す。



図 4-25 タイプ E の樹枝に形成されるポリプの骨格



一斉産卵後	12 ヶ月	17 ヶ月	24 ヶ月
最大直径	10.2mm	15.6mm	34.0mm



一斉産卵後	12 ヶ月	17 ヶ月	24 ヶ月
樹枝の長さ	0mm	12.2mm	42.1mm

図 4-26 タイプ E の成長例

上段：上から見た成長経過（最大直径） 下段：横から見た成長経過（樹枝の長さ）



図 4-27 St. 5 に生育するトゲスギミドリイシ

表 4-9 タイプ E の最大直径 (N=2)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	10.2 - 10.5mm	10.4 \pm 0.2mm
17	15.6 - 19.0mm	17.3 \pm 2.4mm
24	25.6 - 34.0mm	29.8 \pm 6.0mm

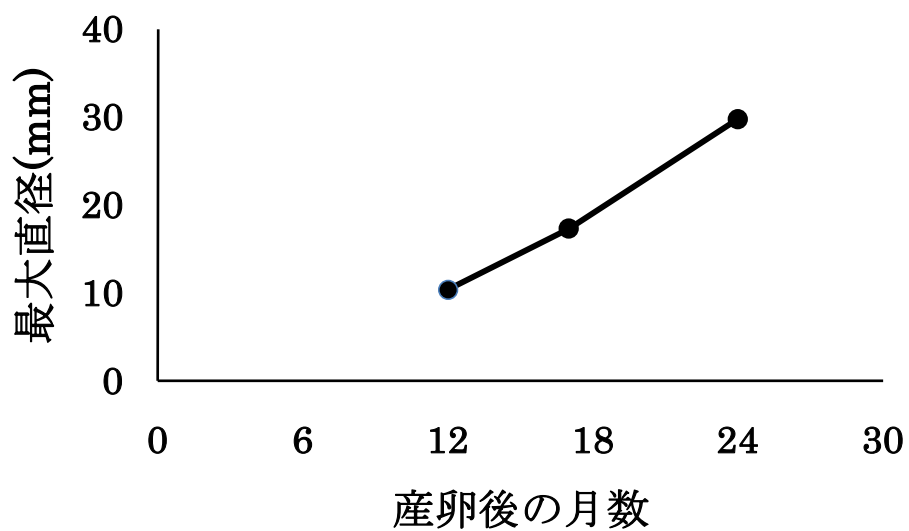


図 4-28 タイプ E の最大直径の平均推移

表 4-10 タイプ E の樹枝の長さ (N=2)

月 齢	樹枝の長さ	平均 ± 標準偏差
12	0mm	0 ± 0mm
17	3.0 - 12.2mm	7.6 ± 6.5mm
24	18.3 - 42.1mm	30.2 ± 16.8mm

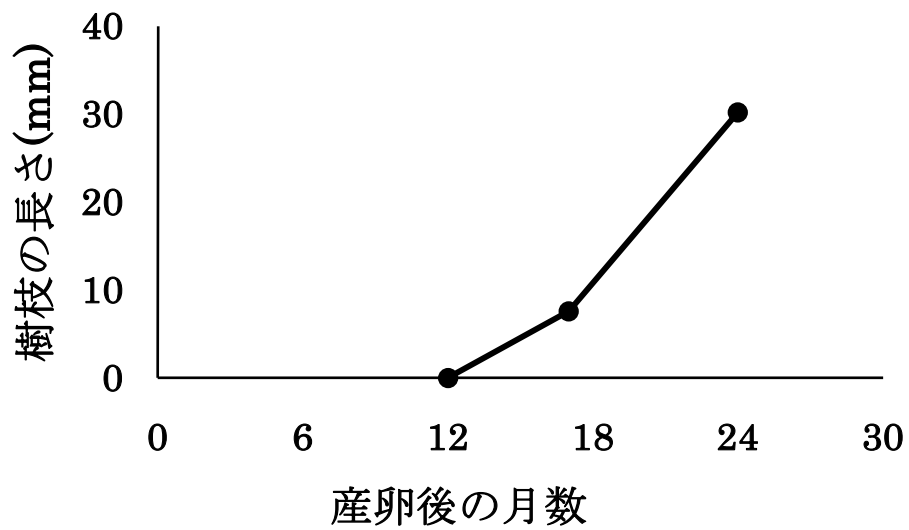


図 4-29 タイプ E の樹枝の長さの平均推移

(6) タイプ F

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、細い樹枝を伸ばし、樹枝の分岐が多い群体をタイプ F とした(図 4-30, 4-31)。これらの特徴と群体形状から、タイプ F はウスエダミドリイシと推測される(図 4-32)。タイプ F に分類した群体は、77 群体中 1 群体であった。

タイプ F は、円筒のような形状で樹枝を伸長させており、その樹枝自体は先端から根元まで一貫した太さになっており、他のタイプでは見られない特色が見られた。樹枝の形成は 12 ヶ月後から 17 ヶ月後にかけて、基盤の中心から放射状に多数の樹枝を形成していた。その後、24 ヶ月の時点では、それらが伸長し、それぞれの樹枝に多くのポリプを形成していた。

以下、最大直径の成長と樹枝の成長(表 4-11)、最大直径の推移(図 4-33)、樹枝の長さの推移(図 4-34)を示す。



図 4-30 タイプ F の樹枝に形成されるポリプの骨格

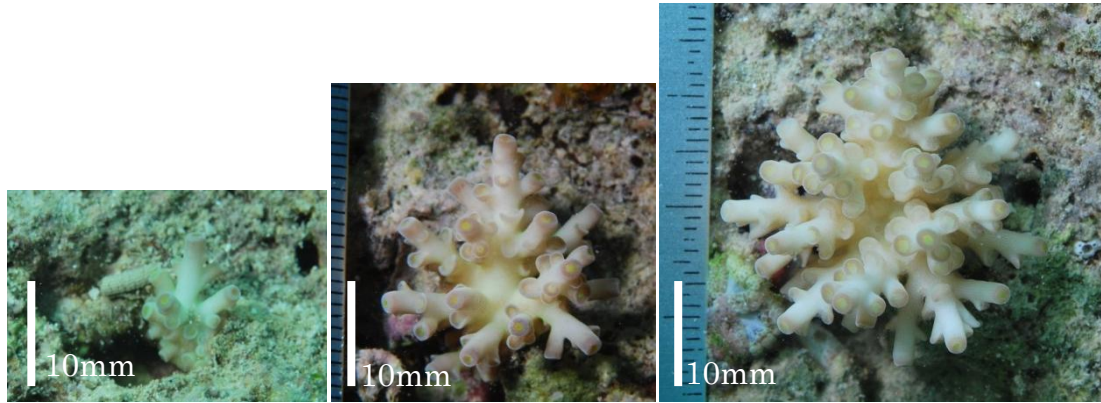


図 4-31 タイプ F の成長（左から一斉産卵 12 ヶ月後，17 ヶ月後，24 ヶ月後）



図 4-32 St. 5 で生育するウスエダミドリイシ

表 4-11 タイプ F の最大直径と樹枝の長さ (N=1)

月 齢	最大直径	樹枝の長さ
12	8.5mm	7.0mm
17	9.5mm	18.4mm
24	30.0mm	19.4mm

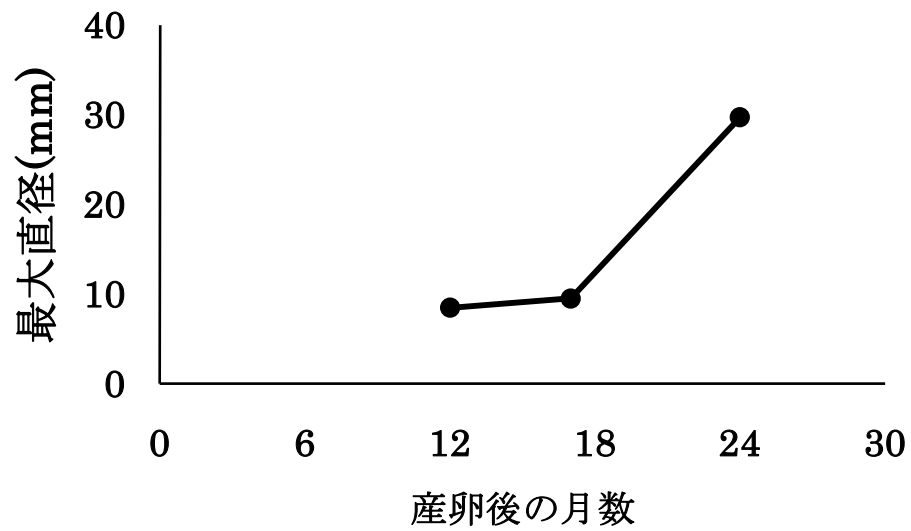


図 4-33 タイプ F の最大直径の推移

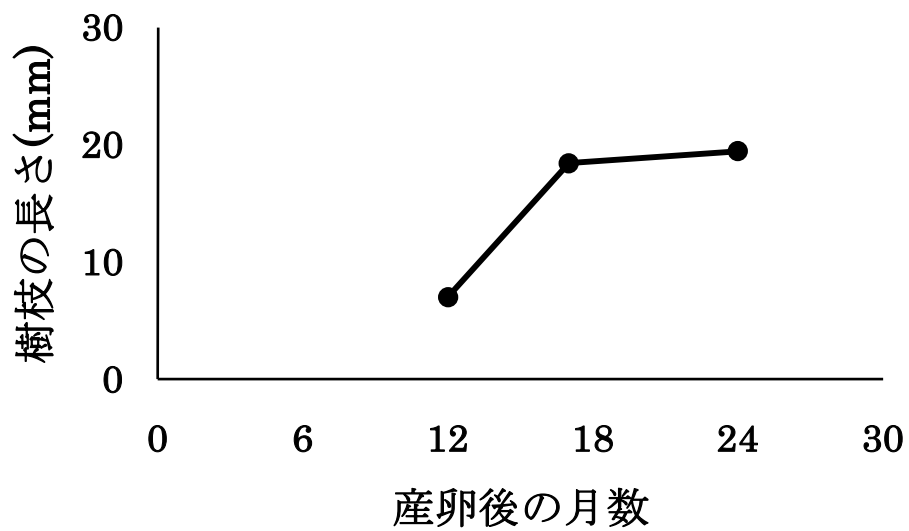


図 4-34 タイプ F の樹枝の長さの推移

(7) タイプ G

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体の中で、短い樹枝を多数形成し、樹枝に形成されるポリプの骨格が基部へ向かうほど外側に広がっている群体をタイプ G とした(図 4-35, 36)。これらの特徴と群体形状から、タイプ G はクシハダミドリイシと推測される(図 4-37)。タイプ G に分類した群体は、77 群体中 1 群体であった。

タイプ G は、12 ヶ月から 17 ヶ月にかけて基盤部を広げ、その中心から樹枝を形成していた。その後、24 ヶ月では、17 ヶ月までに形成した樹枝を中心に多数の重視を形成している。

以下、最大直径の成長と樹枝の成長(表 4-12)、最大直径の推移(図 4-38)、樹枝の長さの推移(図 4-39)を示す。



図 4-35 タイプ G の樹枝に形成されるポリプの骨格

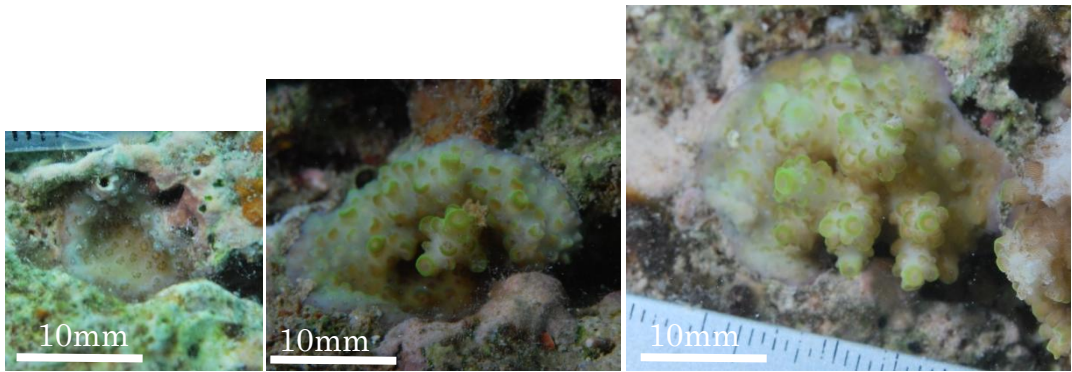


図 4-36 タイプ G の成長（左から一斉産卵 12 ヶ月後，17 ヶ月後，24 ヶ月後）



図 4-37 St. 5 で生育するクシハダミドリイシ

表 4-12 タイプ G の最大直径と樹枝の長さ (N=1)

月 齢	最大直径	樹枝の長さ
12	10.7mm	0mm
17	21.9mm	(No data)
24	26.8mm	11.6mm

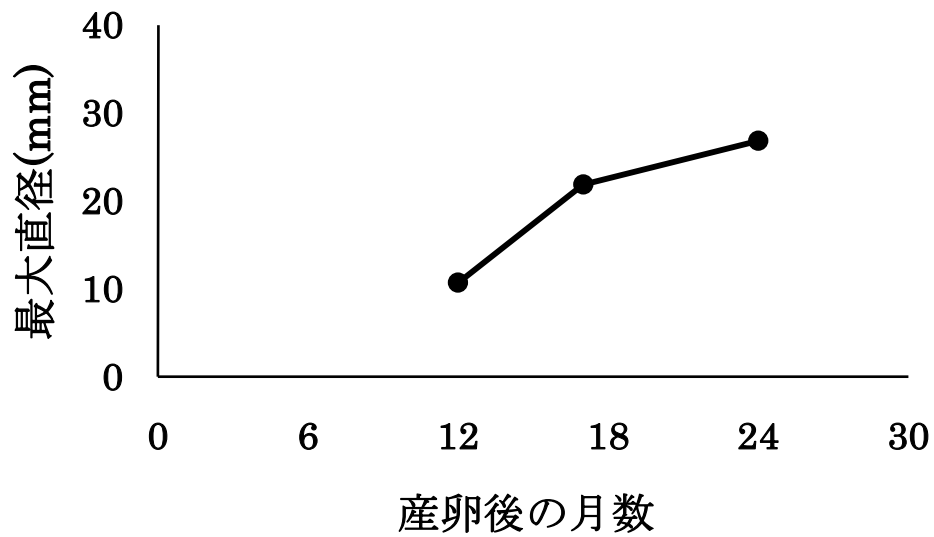


図 4-38 タイプ G の最大直径の推移

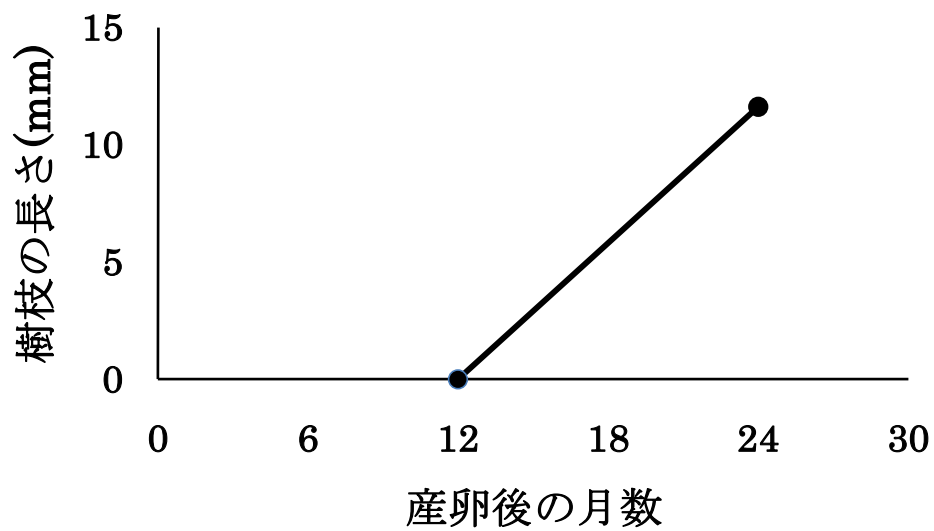


図 4-39 タイプ G の樹枝の長さの推移

(8) タイプ J

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体のうち，樹枝をまっすぐ 1 本伸ばし，樹枝に形成されるポリプが埋在している群体をタイプ J とした (図 4-40, 4-41)．この群体は，種を判別できるほど成長していないため，種を推測することはできなかった．タイプ J に分類した群体は，77 群体中 1 群体であった．

最大直径は計測を行うごとに収縮しているため，成長が遅い群体と推測される．

以下，最大直径の成長と樹枝の成長 (表 4-13)，最大直径の推移 (図 4-42)，樹枝の長さの推移 (図 4-43) を示す．



図 4-40 タイプ J の樹枝に形成されるポリプの様子

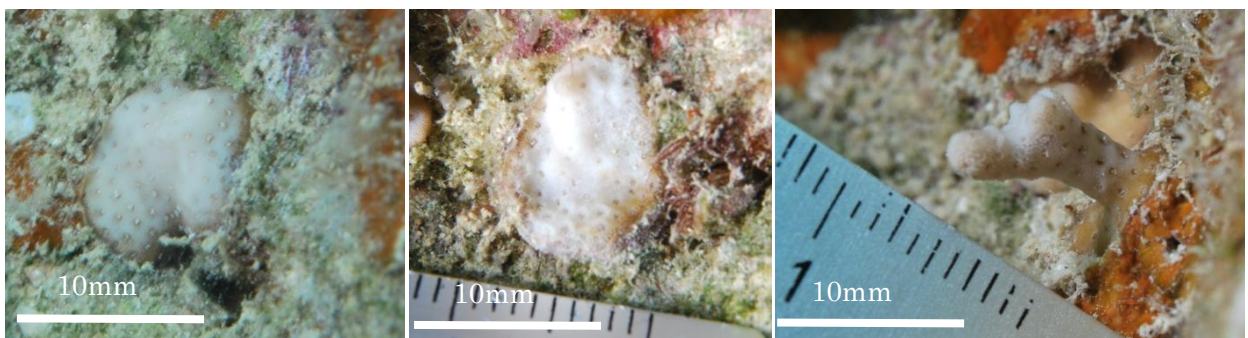


図 4-41 タイプ J の成長 (左から一斉産卵 12 ヶ月後，17 ヶ月後，24 ヶ月後)

表 4-13 タイプ J の最大直径と樹枝の長さ (N=1)

月 齢	最大直径	樹枝の長さ
12	11.0mm	0.0mm
17	8.9mm	0.0mm
24	8.1mm	8.0mm

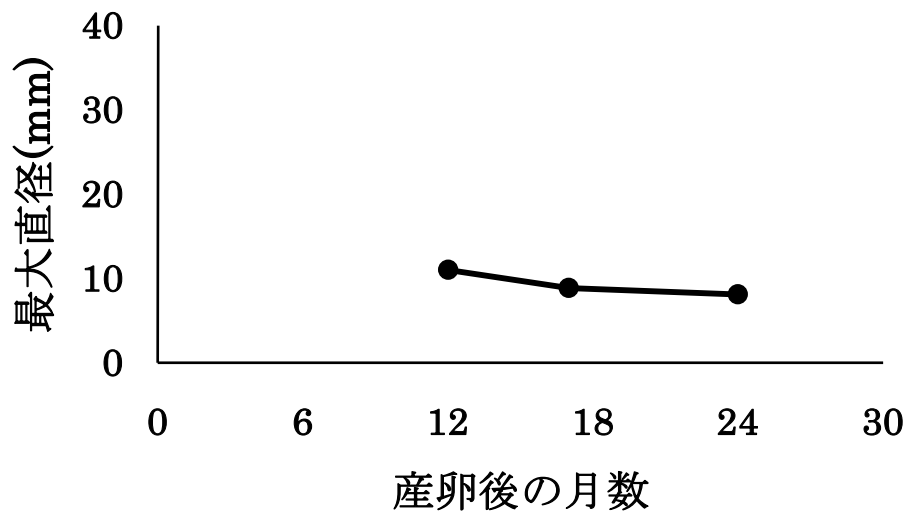


図 4-42 タイプ J の最大直径の推移

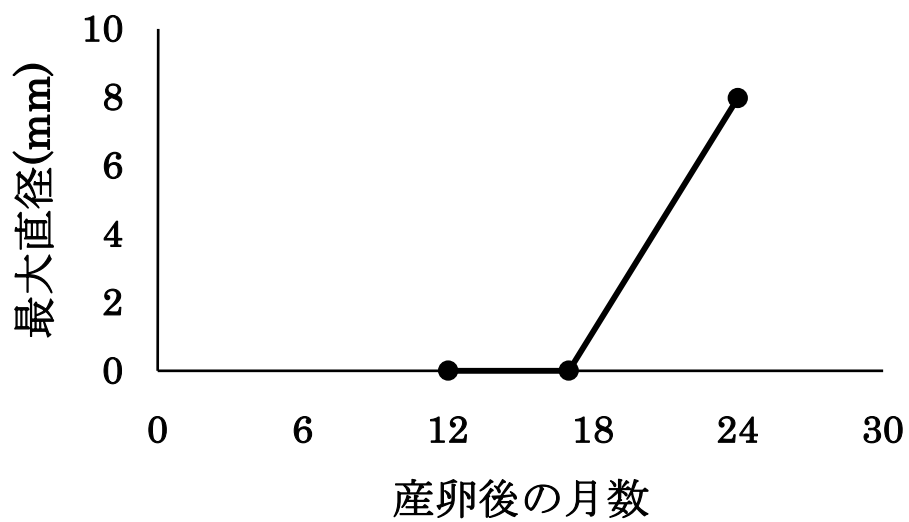


図 4-43 タイプ J の樹枝の長さの推移

(9) 分類不可群体

一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた群体のうち，樹枝を伸ばしていないため特徴がつかめず，また，樹枝を伸ばしていても樹枝に形成されるポリプの骨格形状が明瞭でないため，タイプに分類することができなかった群体を分類不能群体とした(図 4-44)．分類不能群体は，77 群体中 32 群体であった．

以下，最大直径の成長と樹枝の成長(表 4-14)，最大直径の平均推移(図 4-45)を示す．



図 4-44 分類不能群体 (一斉産卵 24 ヶ月後に撮影した写真)

表 4-14 分類不可群体の最大直径 (N=32)

月 齢	最大直径の範囲	平均 \pm 標準偏差
12	3.8 - 11.9mm	8.7 \pm 1.9mm
17	4.5 - 19.1mm	12.9 \pm 3.8mm
24	7.3 - 24.0mm	15.6 \pm 5.0mm

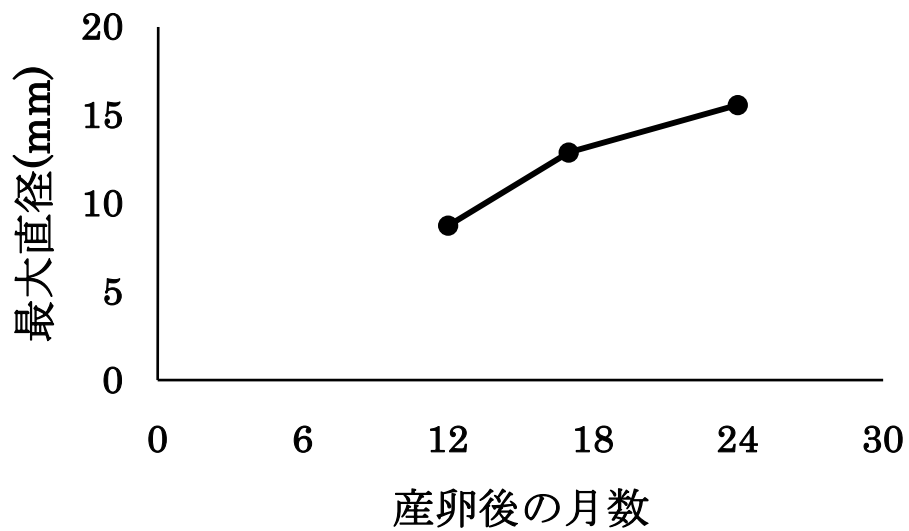


図 4-45 分類不可群体の最大直径の平均推移

第V章 結論と今後の展望

本研究は、名蔵湾 St.5 に点在するサンゴ礁上で生育する 1 才ミドリイシ（一斉産卵 12 ヶ月後で 12mm 未満の群体）の 1 - 2 才間の生残率と成長過程を明らかにするため、2011 年 5 月に調査対象として特定した 203 群体の 1 才ミドリイシを一斉産卵 17 ヶ月後、24 ヶ月後に追跡調査を行った。

生残率に関して、一斉産卵 12 - 17 ヶ月、12 - 24 ヶ月、17 - 24 ヶ月の生残率はそれぞれ、58.4%、39.5 %、68.1%という結果であった。名蔵湾において、生残に関与する要因の一つとして、藻類の繁茂の影響が考えられた。また、一斉産卵 24 ヶ月後に生育していたミドリイシの着生場所による生残への影響の解析を行ったところ、穴やくぼみに着生したミドリイシの方が、着生場所が不明のミドリイシよりも一斉産卵 24 ヶ月後時点で生残率が 11.6%高い結果となった。この結果から、穴やくぼみに着生した方が生き残りやすいことがわかった。このような結果になった理由として、穴やくぼみに着生したほうが、波浪や他生物による捕食などの外環境の影響を受けにくいということが考えられた。

1 - 2 才におけるミドリイシ属サンゴの成長過程を明らかにするため、一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた 77 群体について、最大直径（水平方向の成長）と樹枝の長さ（垂直方向の成長）の解析を行った。最大直径に関して、77 群体の平均最大直径は、一斉産卵 12、17、24 ヶ月後でそれぞれ、 $9.2 \pm 1.8 \text{ mm}$ 、 $16.1 \pm 5.3 \text{ mm}$ 、 $21.5 \pm 8.5 \text{ mm}$ であった。樹枝の長さに関しては、一斉産卵後 12、17、24 ヶ月でそれぞれ、 $0.6 \pm 1.7 \text{ mm}$ 、 $4.1 \pm 5.9 \text{ mm}$ 、 $8.6 \pm 9.4 \text{ mm}$ であった。

樹枝の成長は群体ごとで大きく異なっているため、全ての群体を用いて最大直径と樹枝の長さのデータを解析しても有用なデータは得られないと判断した。そのため、種の特徴が出やすい樹枝の形状や伸ばし方、樹枝に形成されるポリプの骨格形状を分類基準

として一斉産卵 24 ヶ月後に生育していた 77 群体を 8 タイプ (A~H) と分類不可群体に分けてそれぞれの成長過程を明らかにし、種の推測を試みた。その結果、タチハナガサミドリイシ (タイプ A)、ハナガサミドリイシ (タイプ B)、ハナバチミドリイシ (タイプ C)、クロマツミドリイシ (タイプ D)、トゲスギミドリイシ (タイプ E)、ウスエダミドリイシ (タイプ F)、クシハダミドリイシ (タイプ G) と考えられるミドリイシの 1 - 2 才の成長過程を明らかにできた。このうち、樹枝状に成長すると考えられるタイプは、3 種類であった。

さらに、タイプごとに成長過程に特徴があり、穴を埋めないまま樹枝を伸ばすタイプ (タイプ A) や、基盤を大きく成長させてから樹枝を伸ばすタイプ (タイプ B) など、A ~G でそれぞれ異なる成長傾向があることがわかった。タイプ H に関しては、成長が遅れているため、種の同定、成長傾向を明らかにすることはできなかった。

本研究の結果、3 種類の樹枝状ミドリイシの 1 - 2 才における成長過程を明らかにすることができた。しかし、石西礁湖北側リーフの再生過程を解明するには、2003 年に見られた小型群体の年齢を判断できるようになる必要があるため、少なくとも最大直径が 10cm までの成長過程を明らかにすることが求められる。そのため、今後も、継続して追跡調査を行うことで、2 才以上の成長過程を明らかにできることが期待できる。また、2012 年 5 月に名蔵湾 St. 5 において 2011 年の一斉産卵により生まれた 1 才ミドリイシの追跡調査が開始されている。この新たな追跡調査によって、樹枝状ミドリイシのデータがより多く得られることを期待する。

引用文献

Babcock R.C, Heyward A.J (1986) Larval development of certain gamete-spawning scleractinian corals. *Coral Reefs* 5:111-116

Banks SA, Harriott VJ (1996) Patterns of coral recruitment at the Gneering Shoals, southeast Queensland, Australia. *Coral reefs* 15:225-230

Birkeland C. (1997) *Life and Death of Coral Reefs*, Chapman & Hall

Okamoto M, Nojima S, Furushima Y, Phoel W.C (2005) A basic experiment of coral culture using sexual reproduction in the open sea. *Fish Sci* 71:263-270

Okamoto M, Nojima S, Furushima Y (2008) Development of ceramic settlement devices for coral reef restoration using in situ sexual reproduction of corals. *Fish Sci* 74:1245-1253

Okamoto M, Yap M, Roeroe A.K, Nojima S, Oyamada K, Fujiwara S, Iwata I (2010) In situ growth and mortality of juvenile *Acropora* over 2 years following mass spawning in Sekisei Lagoon, Okinawa (24° N) .*Fish Sci* 76:343-353

Wilkinson C (1998) The 1997-1998 Mass breaching event around the world, AIMS Research, 23pp

秋本慎平 (2007) 石西礁湖における1998年白化以降のクシハダミドリイシの自然再生について, 修士論文, 東京海洋大学

(財) 海中公園センター (2000) 平成10年度造礁サンゴ群集の白化が海洋生態系に及ぼす影響とその保全に関する緊急調査報告書 (海中公園センター編)

環境省・日本サンゴ礁学会 編 (2004) 日本のサンゴ礁

毛塚 大輔 (2008) 石西礁湖におけるサンゴの再生産能力の検討, 修士論文, 東京海洋大学

作田 寧之 (2011) 石西礁湖北リーフにおける 1-2 オミドリイシ属サンゴの初期成長過程・生残について

西平 守孝, Veron J. E. N (1995) 日本の造礁サンゴ類, 海游舎

西平 守孝 (1996) 足場の生態学, 平凡社

野島 哲 (2006) 天草の渚 浅海性ベントスの生態学, 菊池泰二編, 東海大学出版会

樋口 直樹 (2012) 石西礁湖北リーフにおける1-3才ミドリイシ属サンゴの現状把握

謝辞

本研究を進めるにあたり、一貫してご指導いただいた東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海洋システム工学専攻海洋計測工学研究室教授の岡本峰雄博士にここに謹んで厚く御礼申し上げます。多くの方々との出会い、沖縄県石垣島周辺の貴重な海域での調査、日々の勉学において多くの機会と経験をさせて頂いたことを心より深く御礼申し上げます。また、応用情報システム工学研究室内の准教授宮本佳則博士、先端科学技術センター助教甘糟和男博士、研究を行う中で平素より終始御助言、御指導を頂きました。心より御礼を申し上げます。

研究員の Andreas Roeroe さん、博士後期課程 2 年の田闊さん、そして博士前期課程 2 年の手塚賢太郎さん、福嶋慧さん、楊曉霞さん、博士前期課程 1 年の伊東菜津美さん、小松亮佑さん、成瀬香さん、濱裕次郎さん、学部生の大滝千尋さん、富岡春香さん、西川進太郎、糠信元太郎さんには日々の生活や研究・調査で大変お世話になり、心から感謝しています。

卒業生の葉明麗さん、作田寧之さん、池本碧さん、金井羅門さん、山室悠太さん、新田洋一朗さん、杉田篤信さん、今井彩乃さん、樋口直樹さん、阿部知佳子、栃木裕貴さん、三上隼さんには、調査研究から日々の生活に至るまで多大な御助言と御協力を頂き、また助けて頂きました。心より感謝申し上げます。

また、石垣島で安全に調査ができるようご指導してくださった小黒至さん、また国際サンゴ礁研究モニタリングセンターの皆さん、マリンプointの皆さんには大変お世話になり、心から感謝申し上げます。

最後に今日の私がありますのも、進学を理解してくれ日々支えてくれている家族に心より深く感謝申し上げます。